

RELACIÓN ENTRE *LAST MILE* Y *MILK RUN*. REVISIÓN DE LITERATURA Y CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES A LOS PRINCIPALES DESAFÍOS QUE AFRONTA EL PERÚ EN LA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILLA*

JULIO ABRAHAM RAMOS QUISPE**

<https://orcid.org/0000-0002-2329-1205>

KAREEN ELENA FLORES SANJINEZ

<https://orcid.org/0000-0002-0324-9616>

ROSARIO NATALIA ZAVALA BEJARANO

<https://orcid.org/0000-0001-8593-9241>

VICTOR ANDRES CCAHUANA CUTIPA

<https://orcid.org/0000-0003-0218-1442>

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,
Facultad de Ingeniería, Arequipa, Perú

Recibido: 31 de mayo del 2021 / Aprobado: 15 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5862>

RESUMEN: Frente a los escenarios logísticos que afronta el Perú, el artículo analiza las relaciones que existen entre *milk run* y *last mile* mediante una revisión de literatura; en ese sentido, se presenta una clasificación general de sus componentes y las alternativas de solución frente a los desafíos *last mile*, lo cual proporciona una mejor perspectiva de los algoritmos en cuanto a mejora, distribución y optimización.

PALABRAS CLAVE: *last mile* / *milk run* / desafíos *last mile* / algoritmos de optimización

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos en orden de aparición: jramosq@unsa.edu.pe; kfLoressa@unsa.edu.pe; rzavala@unsa.edu.pe; vccahuanac@unsa.edu.pe

RELATIONSHIP BETWEEN LAST MILE AND MILK RUN: LITERATURE REVIEW AND CLASSIFICATION OF SOLUTIONS TO THE MAIN CHALLENGES FACING PERU IN LAST MILE LOGISTICS

ABSTRACT: Given the logistic scenarios faced by Peru, this article analyzes the relationship between Milk Run and Last Mile through a literature review; in this sense, it presents a general classification of Last Mile components and offers solution alternatives to its challenges. Thus, it provides a better perspective of the algorithms regarding improvement, distribution, and optimization.

KEYWORDS: last mile / milk run / last mile challenges / optimization algorithms

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el comercio electrónico se ha convertido en la industria con mayor crecimiento en el Perú, más aún porque la coyuntura de la pandemia del COVID-19 llevó a la digitalización de más empresas de diversos sectores. El comercio o *retail* es el sector más afectado por las medidas restrictivas que trajo la pandemia de acuerdo con información obtenida en Chicoma (2020), quien siendo ministro de la Producción dio a conocer un incremento en el mes de enero del comercio de alimentos (28,0 %) y artículos de uso doméstico (80,6 %) en supermercados e hipermercados, donde las ventas aumentaron en un 26,2 %.

En este contexto tiene mayor énfasis el análisis *last mile*, último tramo de viaje para la entrega de mercancías, porque durante los últimos años se presentan desafíos tales como: los altos costos en los que se incurre al realizar la entrega del producto al cliente final y pedidos con menores tiempo de entrega por lo que se generan congestiones vehiculares, según Villar (2019), se traduce a pérdidas económicas que ascienden al 1,8 % del PBI de Lima.

Este inminente desafío logístico está transformando la demanda de productos y a su vez revela nuevas tendencias. Para empezar, las exigencias por parte de los consumidores a la hora de adquirir un producto, como lo detalla Yinglan (2019) en la revista *Forbes*, cuya necesidad de “gratificación instantánea” por tener los productos en sus manos de forma rápida, accesible y eficiente se ha convertido en el sello distintivo de la era digital y es poco probable que cambie. Inclusive, los clientes optan por hacer compras digitales *picking* multiproducto en cantidades mínimas y pedidos dispersos por toda la ciudad, lo que genera una estructura de distribución insuficiente. Estos problemas están relacionados con la falta de una adecuada gestión y organización de los procesos en logística *last mile* (logística de última milla) por parte de las empresas peruanas.

Una de las herramientas clave en logística *last mile* son los circuitos logísticos según rutas del lechero (*milk run* o *milkround*), que se crearon para prevenir las interrupciones en la cadena de suministro mediante un modelo de simulación que utiliza distribuciones estadísticas y parámetros de entrada como el ciclo de entrega, el tiempo, la distancia, el tráfico, etcétera (Baudin, 2011).

Por otro lado, la clasificación junto a nuestra revisión de literatura especializada en el tema muestra que el *milk run* da a conocer cómo se puede aumentar la frecuencia de las entregas (Kocaoglu et al., 2020) y la sincronización con el transporte en redes complejas (Hfeda et al., 2017), así como la entrega de materiales y producción a las estaciones de producción particulares (Baudin & Bard, 2004); mientras que, al mismo tiempo, se asegura que el número de medios de transporte utilizado (Gyulai et al., 2013) y la cantidad de materiales en *stock* se mantengan al mínimo (Nozari et al., 2015).

El propósito de este artículo es analizar las relaciones de *last mile* y *milk run in logistics* en el Perú. Para ello se presenta una clasificación general de sus componentes, como también los desafíos *last mile* que enfrentaría en un escenario peruano. El documento analiza la logística basada en *last mile* y *milk run* para el sistema de adquisiciones con especial énfasis en la revisión de algoritmos de optimización de ruteos y costos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición del problema

¿Cuáles son los principales desafíos que afronta el Perú en logística de última milla?
 ¿Cómo la relación entre *milk run* y *last mile* propone alternativas de solución a los desafíos propuestos?

2.2 Revisión de literatura

La información obtenida será recabada de fuentes confiables y bases de datos académicas prestigiosas como: Scopus, Science Direct y Web of Science, así como de algunos repositorios de investigaciones realizadas en universidades del país. Se dio preferencia a la búsqueda de artículos científicos ya que los artículos publicados en revistas científicas componen la literatura primaria de la ciencia. El método utilizado para realizar dicha búsqueda fue mediante la utilización de palabras clave como *milk run* y *last mile*. Asimismo, la búsqueda se filtró con una antigüedad de máximo 5 años desde la publicación de los artículos relacionados.

Se obtuvo un total de 29 investigaciones de las cuales se seleccionaron las siguientes:

Tabla 1
 Revisión de literatura

Fuente	Título de la investigación
Elsevier BV	El modelado del problema de enrutamiento de vehículos impulsados por leche basado en un algoritmo CW mejorado que se unió a la ventana de tiempo
	Logística de <i>cross-docking</i> y producción de leche en una red de consolidación: un híbrido de búsqueda de armonía y enfoque de recocido simulado
	Uso compartido de servicios de transporte y programación de reabastecimiento/entrega en el Centro de Suministro en el Parque Industrial (SHIP)
	Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions An agent-based approach to evaluate collaborative strategies in milk-run OEM operations

(continúa)

(continuación)

2009 International Conference on Computers & Industrial Engineering	A robust optimization approach for the Milk Run problem (An auto industry supply chain case study)
<i>IFAC-PapersOnLine</i> (publicación periódica)	Optimización integrada de transporte de inventario basada en el modelo de producción de leche
<i>International Journal of Applied Operational Research</i> (publicación periódica)	An extended compact genetic algorithm for milk run problem with time windows and inventory uncertainty
<i>Journal of Management & Engineering Integration</i> (publicación académica)	Supply chain milk-run delivery optimization Optimization of milk-run delivery issue in lean supply chain management by genetic algorithm and hybridization of genetic algorithm with ant colony optimization: An automobile industry case study
<i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i> (publicación académica)	Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review
Springer	An integrated inbound logistics mode with intelligent scheduling of milkrun collection, drop and pull delivery and LNG vehicles
MDPI o Multidisciplinary Digital Publishing Institute (en español, Instituto Multidisciplinario de Publicaciones Digitales)	DMRVR: Dynamic milk-run vehicle routing solution using fog-based vehicular ad hoc networks
Taylor & Francis Group	Block-matrix-based approach for the vehicle routing problem with transportation type selection under an uncertain environment Reference model of milk-run traffic systems prototyping
Hindawi	A novel approach for optimizing the supply chain: A heuristic-based hybrid algorithm
IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)	Utilizing excess capacity in last mile using 4th Party Milk Run
University Texts Collection (Ecoe Ediciones). Logistics Area	Comprehensive logistics management: Best practices in the supply chain
International Journal of Supply and Operations Management	Applying milk-run method to optimize cost of transport: An empirical evidence
Open Engineering	Simulation of production lines supply within internal logistics systems
Proceedings of the IADIS International Conference Intelligent Systems and Agents 2012, ISA 2012, IADIS European Conference on Data Mining 2012, ECDM 2012	Prototype of a milk run for routing daily using genetic algorithm

2.3 Organización de la información

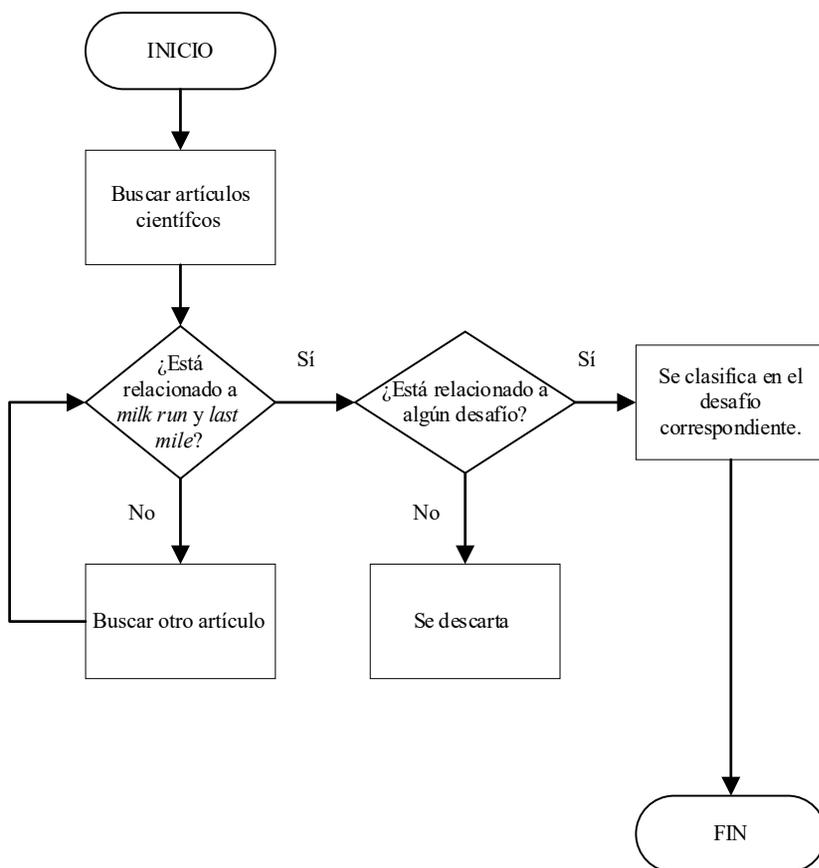
Se clasificó la información para tener una mejor visión de las investigaciones para lo cual se utilizaron criterios como: el nombre del artículo, problema abordado, variables, algoritmos utilizados y, finalmente, la solución obtenida.

2.4 Análisis de la información

Una vez organizada la información, se realizó el análisis de esta para poder clasificar los artículos de acuerdo a los criterios mencionados, en caso de que esté relacionada dicha información con los desafíos encontrados en la presente investigación se dan a conocer los algoritmos utilizados, así como sus resultados.

Figura 1

Proceso de revisión de literatura



Nota. La búsqueda de la información se clasificó de acuerdo a los seis desafíos encontrados.

2.5 Enfoque de análisis

La logística de última milla puede analizarse tomando en cuenta variables como: plazo, nivel de cumplimiento, estado de las entregas, disponibilidad del producto, costos por cada operación en el centro logístico, ventanas de tiempo entre pedidos, trazabilidad en los envíos en tiempo real, daños en el transporte o de fábrica, etcétera. En este artículo, los parámetros fueron clasificados según los principales desafíos *last mile* que afronta el Perú, para que puedan ser respondidos por medio de los componentes de *milk run*. Primeramente, se identificaron seis desafíos y se categorizaron en: a) aumento de vehículos distribuidores, b) clientes más demandantes, c) inadecuada planificación para entrega, d) la minimización de costos de transporte e inventario, e) la limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos y f) los picos en el número de entregas.

Posteriormente, los componentes de *milk run* presentados por diferentes investigadores fueron clasificados como respuesta a los desafíos mencionados anteriormente. Finalmente, se brindó discusión.

3. RESULTADOS

Según Sebastián Ojeda (“Latinoamérica: ¿Cuáles son los desafíos logísticos que aún faltan por enfrentar?”, s. f.), CEO de Beetrack, enfocarse en la estrategia de distribución a través de soluciones de tiempo real, políticas más acertadas, una mejor asistencia y un trabajo de logística que permita darles confianza a los clientes, son algunos de los desafíos pendientes por afrontar en la industria del comercio electrónico en el Perú.

Tomando como referencia a la ciudad de Lima, en donde se realiza la mayoría de operaciones de *last mile*, no está preparada para la entrega de paquetería; en ella se presentan tres principales desafíos: el tráfico permanente, ya que no hay zonas de descarga en las zonas residenciales; la alta fragmentación de repartidores, que usan vehículos livianos como consecuencia de la rápida aparición de numerosos *e-commerce* con este sistema de reparto, y la “versatilidad” del servicio de entrega, que trae consigo inconvenientes inesperados, tales como una llanta reventada que genera retrasos, un accidente que malogra parcial o total el producto y otros, ya que el repartidor realiza interminables maniobras (autos, peatones, huecos en la pista, baches, etcétera) para llegar al punto de entrega (Alegre, 2020).

Es por ello, que de acuerdo a los desafíos que presenta el Perú en logística *last mile*, sumado a ello el impacto pospandemia, identificamos seis principales desafíos que clasificamos según importancia y se detallan a continuación.

3.1 Aumento de vehículos distribuidores

En este caso, el problema surge debido al incremento de la oferta de servicios de entrega de productos, desde el almacén hasta el lugar donde se encuentra el cliente, lo cual ocasiona que haya mayor flujo de vehículos por las calles. Además, estos deben detenerse en ciertos puntos para poder realizar la entrega de dichos productos, para ello se requiere estacionamientos, iluminación eficiente, una adecuada vía de tránsito vehicular, entre otros.

La deficiencia de lo mencionado afecta la distribución porque no permite calcular con certeza los tiempos de traslado del producto ocasionando accidentes inesperados. Es por esto que muchas investigaciones aplicando *milk run* buscan solucionar este tipo de fallas, Hosseini et al. (2014) aplican una logística de *cross-docking* y *milk run* para el problema del transporte de una red de consolidación de gran tamaño, donde se utiliza un conjunto de vehículos para transportar mercancías de los proveedores a sus correspondientes clientes, logrando la reducción tanto del costo de envío en la red como de los requisitos de tiempo computacional.

En realidad, cuando se busca solucionar casos reales no siempre se consiguen las soluciones planteadas en teoría. Por esta razón, investigaciones como la de Hfeda et al. (2017) encontraron la necesidad de tener una solución óptima para la distancia de transporte, así como para gestionar en redes logísticas de alta complejidad, a través del enfoque ACO, conocido como optimización basada en colonia de hormigas. Asimismo, Nguyen y Dao (2015) parten por ese mismo principio de abordar el problema en la gestión de la cadena de suministro ajustada (LSC), aplicando *milk run*, mostrando que la MIP (programación de enteros mixtos) y HAT (búsqueda tabú) pueden lograr un resultado óptimo con respecto al costo total de la LSC.

3.2 Clientes más demandantes

La tendencia de los usuarios finales esperan entregas más rápidas (que se respeten los tiempos de entrega), eficientes (buscan tener un seguimiento en línea de dónde está su pedido en todo momento) y de calidad (que su producto llegue en perfectas condiciones). Esto es todo un desafío para las empresas, ya que la satisfacción del servicio dependerá de la realización de futuras compras. Dado que se tienen cada vez más exigencias por parte de los clientes, Kocaoglu et al. (2020) plantean un algoritmo genético modificado basado en ahorros que se denomina "algoritmo híbrido de selección de estrategia de distribución y enrutamiento de vehículos" (DSSVRHA, *distribution strategy selection and vehicle routing hybrid algorithm*) y con ello logran reducir los costos de distribución, así como el tiempo empleado, ya que elaboran unos modos de entrega: "envío directo", "*milk run*" y *cross docking* de manera eficiente.

3.3 La inadecuada planificación para entrega

Si bien la mayoría de las industrias de envío urgente no forman una escala y todavía adoptan los anticuados métodos de entrega sin planificación, el objetivo es encontrar una política de distribución periódica con un plan sobre a quién servir, cuánto entregar y por qué. De esa manera se mejorarían los factores de carga del vehículo, reduciendo la transmisión en costo de transporte e inventario mediante la manipulación del tamaño de la flota y la capacidad de los vehículos y las áreas de almacenamiento.

Por ejemplo, Yun et al. (2010), partiendo de este desafío, desarrollaron una optimización integrada de transporte de inventario basada en el modelo de *milk run* donde, mediante algoritmo genético e iterado, minimizaron el costo total equilibrando el costo del transporte e inventario. A parte de ello, Nozari et al. (2015), para resolver problemas a gran escala de encontrar una relación entre producción ajustada y una buena estrategia logística, usando eCGA (*extended compact genetic algorithm*), necesitaron muy poca información sobre el inventario incierto y aunque la solución impuso un costo adicional al transporte y al almacén de inventario, no quedó ningún inventario insatisfecho en la red.

Chen et al. (2019) elaboran un modelo novedoso de enrutamiento de vehículos en el cual considera la selección del tipo de transporte en un entorno incierto con un tiempo de viaje difuso, mediante un enfoque basado en la matriz de bloques, para seleccionar el tipo de transporte, optimiza el transporte de vehículos con el algoritmo de optimización según la biogeografía extendida (EBBO), con ello logra seleccionar un tipo de transporte que sea óptimo de manera intuitiva, razonable, eficaz y eficiente, lo que le permite reducir el costo logístico y mejorar la competitividad de las empresas logísticas. Otra forma de planificar adecuadamente la entrega es la dada por Grzegorz et al. (2020), en cuya investigación desarrolla un modelo declarativo que permite determinar el número de viajes de transporte y su organización en el tiempo y espacio necesarios para la entrega oportuna de material a puntos específicos de carga y descarga, mediante la formulación de un problema de satisfacción de restricciones que respalda la toma de decisiones en el proceso de búsqueda de una política de distribución periódica.

3.4 La minimización de costos de transporte e inventario

En el caso de un problema de ruta de inventario, el objetivo es encontrar una política de distribución periódica con un plan sobre a quién servir, cuánto entregar y el porqué, de tal manera que la pregunta sobre cómo reducir los costos asociados con el transporte, reducir los inventarios, entregar los productos a los clientes en el momento adecuado y en el lugar adecuado, nos enfoca en la necesidad de la cantidad adecuada para lograr ventajas competitivas y beneficios esperados (Patel et al., 2014).

Milk run es un método que se desarrolló en base al concepto de optimización en la logística de la ciudad. Su ventaja es entregar diferentes productos a los clientes en el

menor número posible de envíos para optimizar todos los costos relacionados con los cargos de transporte, manipulación y almacenamiento (Nemoto et al., 2010).

Sánchez Barrientos (2017) considera que los costos de transporte son los más elevados en la logística, por lo que busca optimizar las rutas mediante modelos científicos que contengan diferentes estrategias de envío, los cuales estén a su vez contenidos en un algoritmo genético para reducir los costos de envío. Así mismo, *milk run*, al ser un modelo de logística moderno, presenta problemas de altos costos debido a que se transportan lotes pequeños a altas frecuencias y limitaciones de tiempo (Chen, Wang & Huang, 2020), por lo que plantea un modelo de logística de entrada integrada (IEL), el cual se formula con modelo matemático mixto para posteriormente encontrar la solución óptima mediante un algoritmo genético codificado con MATLAB, obteniendo así beneficios económicos y sociales. Otra forma de reducir costos fue la desarrollada por Kian et al. (2017) consistente en utilizar el exceso de capacidad en la última milla, mediante consolidación de entregas de diferentes empresas, en donde utiliza el enrutamiento mediante un modelo de optimización y lo resuelve con un algoritmo evolutivo.

3.5 La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos

La logística de suministro de material, en grandes y medianos sistemas de producción a escala, tiene un papel clave en el equilibrio de carga de trabajo y garantiza un funcionamiento continuo y sin problemas de producción. El sistema logístico actual en planta influye no solo en el rendimiento de los componentes de producción de control; incluso afecta, directamente, tanto a la gestión de pedidos como al sistema de producción. Para gestionar eficazmente, tanto el sistema de suministro de material entrante como salientes, los problemas de distribución y logística de transporte son usualmente formulados como problemas de rutas vehiculares cuyo objetivo es obtener un plan de ruta de costo mínimo que sirva a un conjunto de clientes con demandas conocidas.

Para Gyulai et al. (2020) la utilización de una heurística de generación de solución inicial y búsqueda local es un método para resolver el problema de planificación (*milk run*). Así mismo, para demostrar las capacidades de la solución propuesta, se ha desarrollado y probado un prototipo de *software* en datos industriales de la vida real. Tiene como objetivo principal ampliar el modelo con partición de demanda para aumentar la capacidad de utilización de los vehículos de transporte. Además, el manejo de tipos de demanda no homogéneos (aspectos físicos del material, manejo de rial) requiere que se incluyan más restricciones en el modelo.

3.6 El cómo hacer frente a los picos en el número de entregas

Los sistemas permiten entregas frecuentes de diversos materiales, desde un área de almacenamiento central a varios lugares de producción (puntos de uso, POU) en recorridos colectivos. Por tanto, eficientes (en el sentido de “alta utilización”) entregas en lotes pequeños pueden ser implementadas lo que generalmente resulta en tiempos de entrega cortos y bajo inventario del lado de la línea, como señalan Baudin y Bard (2004). Los autores asumen que la demanda de contenedores es determinista, es decir, el momento exacto en que se producirá una demanda de contenedores se sabe de antemano. Esta información se puede utilizar para identificar la entrega óptima. El sistema Kanban es consumo orientado, es decir, se genera una orden Kanban en el momento en que el contenedor en la POU se vacía, por ejemplo, y debe llenarse ya sea lo más rápido posible o dentro de un plazo fijo y, generalmente, corto tiempo de espera (Bozer & Ciemnoczowski, 2013).

Otra alternativa de solución puede ser la desarrollada por Aragão et al. (2019), en cuya investigación proponen un enfoque basado en agentes múltiples; evalúan algunas estrategias colaborativas en las operaciones de transporte, relacionadas a un número adicional de vehículos auxiliares; el exceso de tareas asignadas a los vehículos regulares se transfiere a los vehículos auxiliares, en caso de que sea necesario, y se considera también la negociación entre los vehículos, es decir, cómo delegar tareas a los vehículos auxiliares con la finalidad de reducir la cantidad de tareas no realizadas y responder rápidamente a eventos dinámicos. Este modelo se implementó en Java Agent Development Framework (JADE).

Así mismo, en otra investigación realizada por Adriano et al. (2020), también hace mención a utilizar vehículos de recogida auxiliar para evitar posibles pérdidas para un fabricante de equipo originales (OEM), esto gracias al uso de la red vehicular mediante la cual se envían mensajes, lo que permite una toma de decisiones más rápida y precisa. Adicional a ello, Qiu y Huang (2016) proponen una toma de decisiones interactiva entre un centro de abastecimiento en el parque industrial (SHIP) y sus empresas miembros con servicios de transporte compartido lo cual trae beneficios, tanto para el SHIP como para los fabricantes, debido a que el SHIP ofrece un bajo precio y un alto servicio frecuente de transporte *milk run* que inducen fabricantes para adoptar un largo tiempo de ciclo de reposición de los proveedores.

Por otro lado, Novaes (2015) analiza un problema de enrutamiento dinámico de *picking-up (milk un)* de un OEM, en el que se asignan tareas que probablemente excederán el límite de tiempo en una ruta con vehículos suplementarios, formando así rutas dinámicas auxiliares con las tareas transferidas y originadas de los camiones regulares, mediante un algoritmo genético en asociación con un programa de simulación destinado a definir algunos parámetros probabilísticos relevantes, y demuestra

que la formulación dinámica mejora considerablemente el nivel de servicio en comparación con la versión estática.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo un mejor entendimiento de los resultados debido a que se buscó analizar la información con la finalidad de contribuir a la solución del problema planteado. Esto se analizó al enfocarse en los principales desafíos que se presentan en la industria del comercio electrónico en el Perú con el objetivo de buscar estrategias de solución y políticas más acertadas para conllevar a una mejor asistencia.

4. DISCUSIÓN

De manera general, se analizaron los principales desafíos de logística de última milla que enfrenta el Perú, donde se clasificaron los componentes *milk run* en respuesta a estos. Algunas investigaciones fueron concluidas satisfactoriamente en su análisis, considerando variables específicas y sobre todo con recomendaciones para futuras investigaciones. A continuación, se presentará cada desafío.

4.1 Aumento de vehículos distribuidores

La evolución de la logística de última milla sigue suponiendo afrontar retos, entre ellos el aumento de regulaciones para las empresas por el tráfico creciente que congestiona muchos núcleos urbanos, picos de estacionalidad por actividad logística y la dificultad del diseño de rutas por la variedad de lugares de destino (Mecalux, 2019). Por esta razón, recientes investigaciones como las mencionadas anteriormente, consideran este punto crítico como una de las principales variables de estudio y desarrollan algoritmos que pueden utilizarse en redes complejas. No obstante, presenta restricciones a medida que la complejidad aumenta, como lo aclaran Klenk et al. (2015), quienes han propuesto tres estrategias para redes completas, pero considerando que "provoca tiempos de entrega más largos y solo es aplicable si el tiempo de entrega no es crítico", inclusive se comprobó la eficacia de un método de trabajo sobre otro aplicado a un caso de estudio (Hfeda et al., 2017). Aun así, las relaciones *milk run* y *last mile* son cada vez más acertadas para el desarrollo de este tipo de obstáculos.

4.2 Inadecuada planificación para entrega

Cuando se realiza una compra *online* de un producto comprende de numerosas fases. Desde que se recoge del almacén hasta que le llega al cliente final pasa por numerosos procesos y trayectos para los cuales se necesita actuar con celeridad. Uno de los desafíos encontrados fue el de la inadecuada planificación para la entrega, sobre el tema se hallaron investigaciones que plantean alternativas que pueden mitigar y afrontar este desafío, logrando así una minimización de costos y optimizando el transporte con el

modelo *milk run* mediante el algoritmo genético, enrutamiento de vehículos y modelo declarativo, logrando, en cada caso, obtener resultados satisfactorios.

4.3 Clientes más demandantes

Los clientes constituyen el eje principal de cualquier empresa. Diferentes autores estudian las necesidades del ser humano y sus prioridades para satisfacerlos. Abraham H. Maslow es uno de los más conocidos y su pirámide de necesidades es una de las herramientas más empleadas para establecer el orden de satisfacción de dichas necesidades. La satisfacción del cliente se ha convertido en una meta principal de la actividad empresarial. El servicio al cliente debe ser definido, medido y gestionado (Hernández-Sampieri, 2014).

Cuando se habla de la logística en la cadena de suministro y que debe cumplir las expectativas de los clientes en realizar y cumplir con los requerimientos en los pedidos es necesario pensar que estos productos o servicios deben llegar en el momento preciso y el precio debe representar el valor que el consumidor pagó por ellos. Según lo que plantea Kotler y Armstrong (1998), las organizaciones mantienen la rentabilidad y el crecimiento gracias a la repetición de las compras de sus productos por clientes leales y sus servicios.

Kotler y Armstrong (1998) sugieren que, en el caso de los consumidores, las fuentes de información juegan diferentes papeles. Generalmente se piensa que las comunicaciones provenientes del comercio y de otras fuentes no personales proveen información, mientras que las fuentes personales, como la familia y los amigos, ayudan a evaluar el producto o a realizar la elección entre varias alternativas. Según la filosofía de la gerencia del servicio, "toda la organización debe operar como un gran departamento de servicio para clientes" (Albrecht, 1998). Un estudio hecho por cincuenta altos ejecutivos de multinacionales vislumbra a un consumidor cada vez más exigente. El análisis titulado "The future chain" ("La cadena de abastecimiento del futuro") imagina a un consumidor que en el 2016 buscaba cada día una relación más cercana con la empresa, y destaca la importancia que cobrarán los cambios demográficos, las tendencias, la tecnología y el medio ambiente.

4.4 La minimización de costos de transporte e inventario

De acuerdo con las investigaciones recabadas, los costos en el modelo *milk run* son altos debido a que es un modelo de logística moderno en el cual se transportan lotes pequeños, a altas frecuencias y limitaciones de tiempo (Chen, Wang & Huang, 2020), por lo que diversos autores han tenido como objetivo la reducción de los costos asociados a los cargos de transporte, manipulación y almacenamiento (Nemoto et al., 2010). Se utilizaron modelos científicos y matemáticos, asociados a algoritmos utilizados en *milk*

run, así como el aprovechamiento del exceso de capacidad en la última milla, mediante consolidación de entregas de diferentes empresas, desarrollándose un modelo de optimización para realizar las entregas con costos menores a los que se suele incurrir.

4.5 Picos en el número de entregas

La gestión de sistemas de inventarios constituye una de las funciones más complejas de las organizaciones, ya que implica mantener existencias para protegerse contra las incertidumbres al menor costo. Esta complejidad se hace más aguda en economías emergentes, donde factores internos propios de las organizaciones y externos de tipo económicos, políticos y sociales del entorno afectan esta gestión y las decisiones que se toman con base en la aplicación de modelos cuantitativos y políticas de administración desarrolladas para tal fin.

En este sentido, se hace imprescindible una gestión de los inventarios que conlleve a mantener la cantidad de bienes necesarios, considerando que un nivel bajo puede ocasionar constantes interrupciones en el sistema de fabricación y la imposibilidad de cubrir la demanda de los clientes; por su parte, un nivel alto de inventario lleva consigo altos costos que pueden afectar en gran medida el margen de ganancias del negocio según Gayle (1999). El objetivo de la gestión de sistemas de inventarios resulta ser entonces maximizar la rentabilidad minimizando los costos de capital inmovilizado el inventario y, al mismo tiempo, satisfacer los requerimientos de servicio al cliente, según Toro y Bastidas (2011).

Conocer los factores incidentes sobre la gestión de inventarios se hace imprescindible, especialmente, en países en vía de desarrollo donde las condiciones económicas, políticas y sociales son muy cambiantes y afectan las actividades de las organizaciones, razón por la cual se requiere complementar los resultados obtenidos vía filosofías y sistemas de administración de inventarios, con el análisis de todos los escenarios posibles para lograr la eficiencia y los resultados esperados.

4.6 La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos

En las investigaciones estudiadas lograron determinar la capacidad de utilización de los vehículos, asimismo agregaron variables como las variaciones de demanda que surgen por cada pedido, mediante el uso de algoritmos que fueron probados para casos reales, obteniendo resultados satisfactorios. Conforme a lo señalado, nuestro planteamiento de desafíos se considera en cómo podemos mejorar mediante los componentes de *milk run* esto de acuerdo a los principales desafíos previamente analizados como parte de la logística de última milla *last mile* en el Perú.

5. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información organizada se analizó. Identificados los desafíos con más citas se realizó un análisis sobre los más relevantes para el tema de estudio, mediante la lectura de los resúmenes y conclusiones de dichos artículos. Una vez realizado este trabajo, se seleccionaron por orden de interés (véase tabla 2).

Tabla 2

Análisis de la información

Desafío <i>last mile</i>	Variable analizada
La minimización de costos de transporte e inventario	Transporte en lotes pequeños, a altas frecuencias y limitaciones de tiempo
Picos en el número de entregas	Mantener existencias para protegerse contra incertidumbres al menor costo
Inadecuada planificación para entrega	Numerosos procesos y trayectos en la producción
Clientes más demandantes	El pedido debe llegar en el momento preciso y el precio debe representar el valor que el consumidor pagó por ello
Aumento de vehículos distribuidores	Picos de estacionalidad por actividad logística
La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos	Capacidad de utilización de los vehículos, por las variaciones de demanda

Nota: Orden por importancia de los desafíos, por mayor cantidad de citas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, la complejidad en la logística de última milla se ha intensificado por los efectos de la pandemia del COVID-19, alterando las operaciones logísticas tradicionales, por esta razón con este artículo buscamos priorizar los desafíos que afronta el Perú en logística de última milla y describir como la relación de *milk run* y *last mile* pueden, mediante sus componentes, responder a estos.

Se realizó una búsqueda y clasificación con un 54 % de artículos científicos, 16 % de conferencias, 30 % publicaciones periódicas y académicas, relacionados a los desafíos encontrados, con la finalidad de dar a conocer cómo los diferentes investigadores lograron determinar soluciones logísticas utilizando *milk run* mediante algoritmos de optimización y enrutamiento, lo cual logró afrontar los desafíos mencionados.

Se describieron seis desafíos tomando en cuenta las principales necesidades en logística *last mile* que tiene el Perú, donde el 57 % de fuentes de información corresponden a temáticas de altos costos de transporte y picos de demanda, por lo que las

investigaciones, generalmente, están dirigidas a la disminución de costos gracias a la optimización de las rutas y tiempos mediante la aplicación de modelos y algoritmos planteados por los diferentes investigadores.

Se discutió cómo los componentes *milk run* responden al desafío de aumento de vehículos distribuidores, de modo que se concluyó que, las estructuras de alta complejidad por causas como la congestión y la falta de infraestructura inadecuada pueden alterar el desarrollo de algoritmos que son presentados en teoría, logrando los investigadores utilizarlos en casos de uso, teniendo resultados satisfactorios, no obstante, se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones, como que el tiempo de entrega no sea crítico.

Se recomienda que la clasificación que se hizo a los casos mencionados en esta revisión de literatura especializada en el tema pueda ser considerada para futuras investigaciones, tomando en cuenta nuevos desafíos a nivel local, regional, etcétera. Asimismo, las empresas pueden encontrar en la revisión realizada de literatura mejores formas de gestionar y minimizar su costo de transporte en la última milla.

REFERENCIAS

- Adriano, D. D., Montez, C., Novaes, A. G. N., & Wangham, M. (2020). DMRVR: Dynamic milk-run vehicle routing solution using fog-based vehicular ad hoc networks. *Electronics*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/electronics9122010>
- Albrecht, K. (1998). Truths of service. *Executive Excellence*, 15(4), 11.
- Alegre, M. (2020). *El desafío de la última milla*. Real Time Management. <https://www.rtm.com.pe/2020/02/04/el-desafio-de-la-ultima-milla/>
- Aragão, D. P., Novaes, A. G. N., & Luna, M. M. M. (2019). An agent-based approach to evaluate collaborative strategies in milk-run OEM operations. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 545-555. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.026>
- Baudin, M. (2011). *¿Aumenta lean los riesgos en la cadena de suministro?* Asenta Management Consultants. <https://www.asenta.es/src/uploads/2020/04/Aumenta-Lean-los-riesgos-en-la-cadena-de-suministro.pdf>
- Baudin, M., & Bard, J. (2004). A Review of: "Lean logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods". *IIE Transactions*, 38(9), 797-798, <https://doi.org/10.1080/07408170600684165>
- Bozer, Y. A., & Ciernoczołowski, D. D. (2013). Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing - Part 1: System stability and distribution of container starts. *International Journal of Production Research*, 51(2), 555-567, <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.656330>

- Chen, J., Wang, K., & Huang, Y. (2020). An integrated inbound logistics mode with intelligent scheduling of milk-run collection, drop and pull delivery and LNG vehicles. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 2257-2265. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01637-3>
- Chen, Z., Zhang, W., Zhang, S., & Chen, Y. (2019). Block-matrix-based approach for the vehicle routing problem with transportation type selection under an uncertain environment. *Engineering Optimization*, 1-22. doi:10.1080/0305215x.2019.1631818
- Chicoma, D. (2020, 22 de mayo). *Retail y comercio en el Perú: ¿cómo ha impactado la COVID-19?* Conexión Essan. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/retail-y-comercio-en-el-peru-como-ha-impactado-la-covid-19>
- Gayle, R. (1999). *Contabilidad y administración de costos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Grzegorz, B., Izabela, N., Arkadiusz, G., & Zbigniew, B. (2020). Reference model of milk-run traffic systems prototyping. *International Journal of Production Research*, 59(15), 4495-4512. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1766717>
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobottka, T., & Váncza, J. (2013). Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. *Procedia CIRP*, 7, 127-132, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.022>
- Gyulai, D., Bergmann, J., Lengyel, A., Kádár, B., & Czirko, D. (2020). Simulation-based digital twin of a complex shop-floor logistics system, *2020 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1849-1860. <https://doi.org/10.1109/WSC48552.2020.9383936>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Education.
- Hfeda, M., Marchand, F., & Dao, T.-M. (2017). Optimization of milk-run delivery issue in lean supply chain management by genetic algorithm and hybridization of genetic algorithm with ant colony optimization: an automobile industry case study. *Journal of Management & Engineering Integration*, 10(2), 90-99.
- Hosseini, S. D., Akbarpour Shirazi, M., & Karimi, B. (2014). Cross-docking and milk run logistics in a consolidation network: A hybrid of harmony search and simulated annealing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4), 567-577. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.05.004>
- Kian, L. C., Lindawati, & de Souza, R. (2017). Utilizing excess capacity in last mile using 4th party milk run. *2017 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*. <https://doi.org/10.1109/ICAdLT.2017.8547024>
- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A. (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1882-1887.

- Kocaoglu, Y., Cakmak, E., Kocaoglu, B., & Taskin Gumus, A. (2020). A novel approach for optimizing the supply chain: A heuristic-based hybrid algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, (3), 1-24. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/3943798>
- Kotler, P. & Armstrong, G. (1998). *Fundamentos de mercadotecnia*. Prentice-Hall.
- “Latinoamérica: ¿Cuáles son los desafíos logísticos que aún faltan por enfrentar?”. (s. f.). Recuperado el 10 de mayo de 2021 de <https://www.beetrack.com/es/blog/latinoamerica-cuales-son-los-desafios-logisticos-que-aun-faltan-por-enfrentar>
- Mecalux. (2019, 22 de julio). *La gestión de la última milla logística empieza en el almacén*. Recuperado el 20 de mayo de 2021 de <https://www.mecalux.es/blog/ultima-milla-logistica>
- Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5980-5989. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.012>
- Novaes, A. G. N., Bez, E. T., Burin, P. J., & Aragão, D. P. (2015). Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 326-340. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.07.010>
- Nozari, H., Aliahmadi, A., Jafari-Eskandari, M., & Khaleghi, G. (2015). An extended compact genetic algorithm for milk run problem with time windows and inventory uncertainty. *International Journal of Applied Operational Research*, 5(2), 35-48.
- Nguyen, T.-H.-D., & Dao, T.-M., (2015). Supply chain milk-run delivery optimization. *Journal of Management & Engineering Integration*, 8(1), 29-40.
- Patel, D., Patel M., & Vadher, J. (2014). Implementación del sistema de suministro de material de operación lechera en el problema de enrutamiento de vehículos con recogida y entrega simultáneas. *Revista Internacional de Aplicación o Innovación en Ingeniería y Gestión (IJAIEG)*, 3(11), 122-124.
- Qiu, X., & Huang, G. Q. (2016). Transportation service sharing and replenishment/delivery scheduling in Supply Hub in Industrial Park (SHIP). *International Journal of Production Economics*, 175, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.02.002>
- Sánchez Barrientos, M. (2017). *Optimización de rutas de transporte en redes de distribución LTL (less-than-truckload), mediante algoritmo genético heurístico*. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S. A. de C. V. <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/236/1/tesis%20MARIANA%20SANCHEZ%20BARRIENTOS%20IMPRESION.pdf>
- Toro, L. & Bastidas, V. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Scientia Et Technica*, XVI(49), 85-91.

- Villar, P. (2019). *Congestión vehicular en Lima y Callao genera pérdidas por más de S/5.000 mlls. al año*. El Comercio. <https://elcomercio.pe/economia/peru/costo-anual-trafico-lima-callao-s-5-541-5-millones-noticia-593591-noticia/>
- Yinglan, T. (2019). *Southeast Asia's retail boom fuels the rise of logistics*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/tanyinglan/2019/01/18/southeast-asias-retail-boom-fuels-the-rise-of-logistics/?sh=16b16a977148>
- Yun, L., Xian-long, G., & Chao-chun, S. (2010). Inventory-transportation integrated optimization based on milk-run model. *2010 International Conference on e-Business and e-Government, e-Business and e-Government (ICEE), 2010 International Conference On*, 3372-3376. <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.847>

