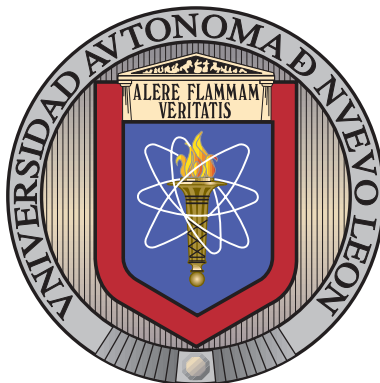


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSGRADO



MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EMBARQUE Y
DESEMBARQUE EN EL CENTRO DE
DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE GIRO
ALIMENTICIO.

POR

GERMÁN RODRÍGUEZ BARROSO

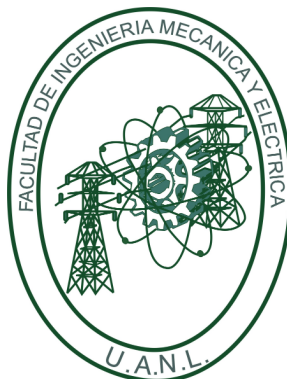
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

JULIO 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSGRADO



MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EMBARQUE Y
DESEMBARQUE EN EL CENTRO DE
DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE GIRO
ALIMENTICIO.

POR

GERMÁN RODRÍGUEZ BARROSO

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

JULIO 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Posgrado

Los miembros del Comité de Evaluación de Tesis recomendamos que la Tesis "Mejora en los Tiempos de Embarque y Desembarque en el Centro de Distribución de una Empresa de Giro Alimenticio", realizada por el estudiante Germán Rodríguez Barroso, con número de matrícula 2173313, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Evaluación de Tesis

Dra. Carolina Solís Peña
Director

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga
Revisor

Dr. Leonardo Gabriel Hernández Landa
Revisor

Dr. Valentín Lara Jiménez
Revisor

Vo.Bo.


Dr. Azael Martínez de la Cruz
Secretario de Estudios de Posgrado

**SECRETARÍA DE
ESTUDIOS DE
POSGRADO**

Institución 190001
Programa 642597
Acta Núm. 4738

Ciudad Universitaria, a 20/08/2026

*A mi esposa **Marijose Fabiola Díaz de la Vega Sainz** y a mis padres, **Ana Lilia Barroso Aguiñaga** y **Germán Rodríguez Brizuela**, por su amor, apoyo incondicional y confianza a lo largo de este proceso.*

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	IX
Resumen	x
1. Planteamiento del problema y alcance de la investigación	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento teórico del problema de investigación	3
1.3. Objetivos de la Investigación	5
1.4. Hipótesis de investigación	6
1.5. Metodología	6
1.6. Justificación del estudio	7
1.7. Delimitaciones del estudio	8
1.8. Estructura de la tesis:	9
2. Marco Teórico	10
2.1. Antecedentes teóricos	10
2.2. Cadena de suministro y eficiencia operativa	11

2.3. Concepto de logística	11
2.4. Clasificación de la logística: interna y externa	12
2.5. CEDIS en la industria alimenticia	14
2.6. Procesos de embarque y desembarque	14
2.7. Gestión de andenes	15
2.8. Tiempo de ciclo logístico	15
2.9. Teoría de colas aplicada a CEDIS	16
2.10. Teoría de restricciones	16
2.11. Simulación Monte Carlo	17
2.12. Gestión y mejora de procesos logísticos	23
3. Estrategia Metodológica	24
3.1. Tipo, diseño y alcance de la investigación	24
3.2. Método de recolección de datos	25
3.3. Población y Muestra	27
3.4. Análisis de la Información	28
4. Resultados y Análisis	29
4.1. Análisis del sistema actual (<i>AS-IS</i>)	29
4.2. Cuello de Botella	35
4.3. Simulación del sistema mediante el método de Monte Carlo	37
4.3.1. Definición de variables y supuestos	38

4.3.2. Modelación matemática	38
4.3.3. Generación de variables aleatorias	39
4.3.4. Análisis de resultados	43
4.4. Escenario de mejora	44
4.5. Conclusiones de los escenarios analizados	49
5. Conclusión y Discusión	53
5.1. Propuesta de mejora	53
5.1.1. Implementación de un sistema de programación citas	54
5.1.2. Estandarización de procesos operativos	54
5.1.3. Balanceo de carga entre estaciones de trabajo	55
5.1.4. Monitoreo y control de indicadores operativos	55
5.1.5. Optimización del uso de recursos existentes	56
5.2. Limitaciones del estudio	56
5.2.1. Suposiciones del modelo de simulación	56
5.2.2. Consideraciones de variables limitadas	57
5.2.3. Escenario determinístico de tiempo de carga	57
5.2.4. Alcance de la simulación	57
5.3. Líneas de investigación futuras	57

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Tiempos mínimo, promedio y máximo del proceso de carga durante junio	5
4.1. Flujo del proceso de carga y gestión de tiempos	30

ÍNDICE DE TABLAS

4.1. Cálculo de Tiempo de Carga, Espera, Total en el Sistema y Eficiencia	31
4.2. Consolidado de Cálculos	35
4.3. Datos Simulados	40
4.4. Concentrado de resultados	44
4.5. Simulación con objetivos (-20 tiempo promedio y -30 la variabilidad)	45
4.6. Simulación 2	49
4.7. Comparación de indicadores de desempeño	51

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a mi directora de tesis, Dra. Carolina Solís Peña, por su guía, acompañamiento y valiosas observaciones, las cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del comité revisor, Dr. Leonardo Gabriel Hernández Landa, Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga y Dr. Valentín Lara Jiménez, por su tiempo, disposición y comentarios, que contribuyeron a fortalecer la calidad de la investigación.

Asimismo, agradezco a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por la formación académica y los recursos brindados durante la Maestría.

Finalmente, expreso mi reconocimiento a la empresa del giro alimenticio que permitió la realización de la toma de datos y el análisis del caso de estudio, cuya colaboración fue clave para llevar a cabo esta investigación.

RESUMEN

GERMÁN RODRÍGUEZ BARROSO.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE
EN EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE GIRO ALIMEN-
TICIO..

Número de páginas: 63.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: El objetivo general de esta investigación es desarrollar un modelo operativo para la reducción de los tiempos de embarque y desembarque en centros de distribución (CEDIS), con el propósito de incrementar la eficiencia de la cadena de suministro. Se adopta un enfoque cuantitativo y cuasi-experimental, basado en el análisis de procesos logísticos reales y en la simulación mediante el método de Monte Carlo. A partir de la toma de datos en una empresa del giro alimenticio (por razones de confidencialidad, no se menciona su nombre), se construyen y comparan escenarios simulados bajo distintas condiciones para evaluar oportunidades de mejora en el desempeño operativo.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: La principal contribución del estudio consiste en la obtención y análisis de datos reales de operación en un CEDIS de una empresa global del sector alimenticio, lo cual permite evaluar el sistema con una base empírica sólida. Los resultados de la simulación indican que los tiempos de espera constituyen el factor que más afecta la eficiencia del sistema debido a su magnitud y alta variabilidad. En consecuencia, las propuestas de mejora se enfocan en reducir y controlar dichos tiempos, buscando elevar el desempeño global

del proceso sin requerir necesariamente un incremento en los recursos disponibles. Además, se establecen limitaciones del estudio y se proponen líneas de investigación futuras para ampliar el alcance de los resultados.

Director



Dra. Carolina Solís Peña

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La cadena de suministro se define como un sistema integrado de organizaciones y proveedores que colaboran para garantizar el flujo eficiente de productos, información y recursos desde el origen hasta el cliente final en otras palabras de punto A al punto B (LeMay, 2017).

Actualmente, y a lo largo de la historia, la cadena de suministro ha enfrentado retos importantes, tales como la eficiencia operativa, el monitoreo, la trazabilidad y el bienestar de las personas involucradas en los procesos.

La logística es el conjunto de actividades encargadas de planificar, implementar y controlar el flujo eficiente de bienes, servicios e información, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. La logística a su vez se divide en logística interna y logística externa; En donde la logística interna se enfoca en las operaciones que ocurren dentro del almacén como lo son el manejo de materiales, control de inventarios y el surtido de los materiales a los puntos de uso. Por su parte, la logística externa abarca las

actividades relacionadas con el abastecimiento y la distribución hacia el cliente final, incluyendo el transporte, la gestión de proveedores y la entrega de productos. Por lo cual se puede indicar que las dos dimensiones están estrechamente relacionadas y son fundamentales para garantizar la eficiencia operativa de la organización (Abdirad y Krishnan, 2020).

Dentro de la logística interna se tiene el proceso de almacenaje el cual está configurado por una serie de procesos clave: recepción de mercancías, almacenamiento, surtido, empaquetado y despacho. Estos procesos son fundamentales para asegurar la eficiencia en el cumplimiento de pedidos y la precisión en el inventario (Logistics, 2024). De igual forma, una investigación reciente define el almacenaje como una función intermedia esencial que mantiene los productos entre etapas de la cadena de suministro, implicando actividades como verificar, descargar, inspeccionar, ensamblar, empaquetar y despachar mercancías (De Oliveira *et al.*, 2022).

En este contexto, los Centros de Distribución (CEDIS) representan puntos críticos, ya que son nodos donde se concentran diversas actividades y procesos logísticos, tales como el recibo, almacenamiento, surtido y embarque. En particular, los procesos de embarque y desembarque dentro de los CEDIS influyen directamente en los niveles de servicio ofrecidos, los tiempos de entrega, la utilización de recursos y la relación con los proveedores logísticos; lo cual, en conjunto, repercute en la satisfacción del cliente final (Ballou, 2004).

En empresas del sector Alimenticio en México, especialmente las dedicadas a la producción y distribución propia de papas y galletas, se ha identificado que los tiempos de espera para poder colocarse en un andén, así como el tiempo de carga y descarga, generan impactos importantes en la eficiencia de la cadena de suministro. Sumando, en diversos estudios en Latinoamérica se ha evidenciado que el estrés físico y mental de los transportistas se ve intensificado por algunos factores como: Asignaciones tardías, retrasos operativos dentro de CEDIS, programaciones poco flexibles (Zamparoni *et al.*, 2023).

De acuerdo a información recabada de centros de distribución ubicados en Escobedo, Nuevo León, se ha mostrado que los tiempos de espera pueden representar más del 30 % del tiempo total del viaje, esto considerando viajes foráneos, afectando la rotación de unidades y la disponibilidad de transporte, por ende, los costos asociados a la cadena logística. En algunos casos los operadores pueden llegar a esperar entre 4 y 5 horas antes de poder ser asignados a un andén de carga o descarga, lo cual retrasa la programación de viajes siguientes y genera tensión entre operadores y gente operativa dentro de los almacenes.

Este problema o situación, suele ser subestimado en los procesos y capacidades de un almacén. La literatura ha comenzado a abordar la importancia de reducir tiempos muertos en los distintos nodos logísticos para mejorar el desempeño en toda la cadena. Según Christopher (2016), las empresas que gestionan adecuadamente sus tiempos de ciclo logístico tienen mayor capacidad de respuesta y resiliencia.

1.2 PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Diversos estudios han demostrado que los procesos logísticos vinculados a la última milla y al manejo de andenes tiene una relación directa con la productividad y rentabilidad en las empresas de consumo masivo. La falta de planeación oportuna de los recursos puede generar una congestión operativa, sobre costos de transporte, afectaciones al nivel de servicio y deterioro de la satisfacción del cliente final (Rushton, 2017). De igual modo, García-Arca *et al.* (2018) señalan que una gestión pobre en los puntos de carga y descarga puede aumentar los tiempos de espera de los transportistas, reducir la rotación de inventarios y provocar incumplimientos en las entregas programadas, afectando la competitividad de la cadena de suministro en su totalidad.

Desde un enfoque completo de la cadena logística, el análisis de los procesos

de carga y descarga en CEDIS permite identificar cuellos de botella, pérdidas de tiempo no justificadas y oportunidades de mejora a través de la automatización, la programación inteligente y coordinación logística.

El planteamiento de este estudio se basa en el supuesto de que una reducción efectiva de los tiempos de embarque y desembarque puede generar beneficios directos en:

- La eficiencia general de la cadena de suministro
- El aprovechamiento de unidades de transporte
- La reducción del estrés operativo en los transportistas

Estos beneficios pueden ser medidos a través de indicadores como: tiempo total de ciclo logístico, número de viajes por semana, percepción de satisfacción del operador y nivel de cumplimiento en tiempos de entrega. Para este caso en la tabla # 1, se puede observar que en el mes de junio se realizaron 800 viajes, en donde, la línea azul representa el tiempo mínimo de la descarga ejecutada por cada día. la línea naranja es el tiempo promedio y la línea verde es el tiempo máximo de la descarga. A partir de lo mencionado anteriormente la gráfica evidencia que una de las variables analizadas presenta una alta variabilidad y valores significativamente superiores al resto, lo que sugiere un comportamiento inestable dentro del sistema. En contraste, las otras variables mantienen niveles más bajos y estables, indicando mayor control operativo, Este comportamiento diferencial permite identificar áreas de oportunidad para mejorar la estabilidad del proceso, particularmente en la variable de mayor fluctuación.

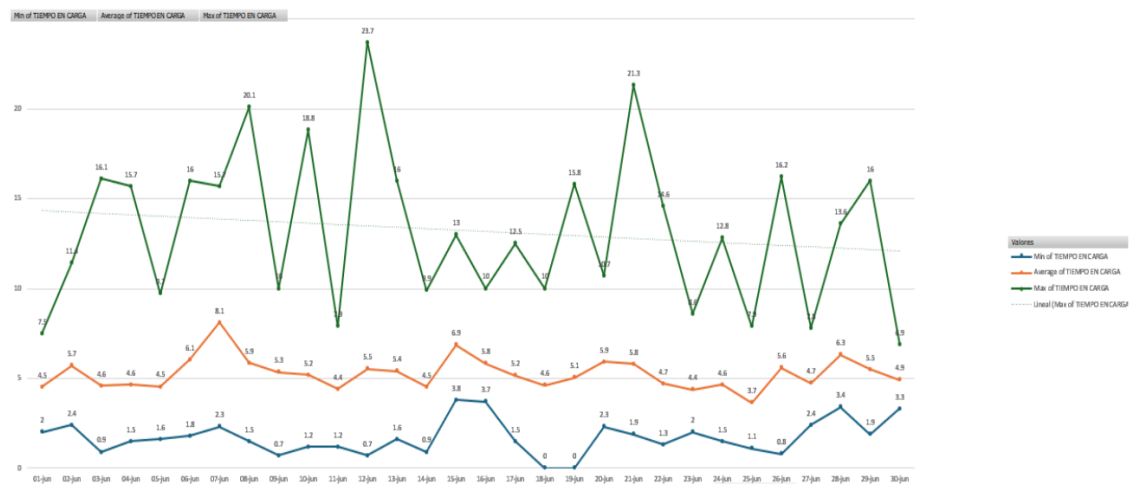


FIGURA 1.1: Tiempos mínimo, promedio y máximo del proceso de carga durante junio

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General:

Desarrollar un modelo operativo para la reducción de los tiempos de embarque y desembarque en los centros de distribución (CEDIS), con el propósito de incrementar la eficiencia de la cadena de suministro.

Objetivos específicos:

1. Analizar el proceso actual de embarques y desembarques en los CEDIS para identificar los cuellos de botella y factores que impactan en los tiempos operativos.
2. Diseñar un modelo operativo basado en principios logísticos y herramientas analíticas que permitan optimizar los tiempos de carga y descarga en los CEDIS.

3. Simular y validar el modelo propuesto mediante escenarios reales o hipotéticos para evaluar su impacto en la eficiencia de la cadena de suministro.
4. Comparar los resultados obtenidos con los procesos actuales para determinar el grado de mejora en términos de tiempo y nivel de servicio.

1.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Mediante la mejora de tiempos en el área de embarques y desembarques en los CEDIS, tendrá un impacto positivo en la eficiencia de la cadena de suministro.

1.5 METODOLOGÍA

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo y experimental, basado en el análisis y simulación de procesos logísticos reales mediante simulación basada en el método de Monte Carlo, con el objetivo de analizar y optimizar los tiempos de embarque y desembarque en los centros de distribución del caso de estudio.

Se trata de una investigación aplicada, ya que busca resolver un problema operativo específico dentro de la cadena de suministro, y es de tipo cuasi- experimental, al comparar escenarios simulados bajo distintas condiciones.

La metodología que se llevará a cabo es la siguiente:

Etapas 1: Diagnóstico del proceso actual

- Recolección de datos en el CEDIS seleccionado (tiempos de llegada, espera, carga/descarga, disponibilidad de andenes, personal y turnos).
- Observación directa y/o entrevistas con operadores logísticos.

- Documentación de procesos actuales mediante diagramas de flujo.
- Identificación de cuellos de botella y problemas operativos.

Etapas 2: Modelado del sistema actual en Montecarlo,

- Identificación y modelado de variables aleatorias (AS-IS).
- Generación de escenarios mediante la simulación de Monte Carlo.
- Validación del modelo probabilístico.
- Estimación de indicadores clave de desempeño.

Etapas 3: Diseño del modelo propuesto (TO- BE)

- Desarrollo de propuestas de mejora basadas en: Técnicas Lean Logistics, como eliminación de tiempos muertos, balanceo de recursos, cambios en layout; así como políticas operativas, como citas programadas, redistribución de horarios, simplificación de los procesos.

1.6 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Justificación práctica:

La presente investigación busca proporcionar evidencia empírica sobre la importancia de optimizar los procesos de carga y descarga en centros de distribución, en particular en la industria alimenticia. Los resultados podrán ser utilizados por las empresas para rediseñar sus procesos, mejorar la experiencia del operador y reducir los tiempos muertos logísticos.

Justificación teórica:

Aporta a la literatura un enfoque integral que considera tanto los factores técnicos (tiempo de operación) como los humanos (estrés del operador), contribuyendo así al campo de la logística sostenible, la gestión del transporte y el diseño de cadenas de suministro resilientes.

Justificación metodológica:

Se plantea un enfoque mixto que puede ser replicable en otras industrias y regiones del país, y que considera tanto datos cuantitativos reales como percepción humana. Además, permite generar modelos de mejora logística con base empírica.

1.7 DELIMITACIONES DEL ESTUDIO

Delimitación espacial:

El estudio se realizará en centros de distribución de alimentos, papas y galletas ubicados en el municipio de Escobedo, Nuevo León.

Delimitación temporal:

La recolección de datos se realizará en el segundo semestre del año 2025.

Delimitación temática:

El enfoque estará centrado enfocado en los procesos de embarque y desembarque, excluyendo otros procesos que se llevan a cabo en la logística interna de las organizaciones como recepción, almacenaje o picking.

Delimitación poblacional:

La población objetivo serán transportistas que operan unidades de carga en dichos CEDIS, así como personal operativo involucrado en la coordinación de

andenes.

1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS:

En el capítulo 1 se muestra el contexto del estudio, el cual esta enfocado en la logística dentro de los centros de distribución (CEDIS), particularmente en la gestión de patios como elemento clave para la eficiencia operativa de las organizaciones.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico el cual aborda los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación. Parte del desarrollo del concepto de logística, haciendo mencion de la división en logística interna y externa, de tal manera que se muestre el papel de los centros de distribución y la gestión de patios dentro de la logística interna.

En el capítulo 3 se describe el enfoque metodológico seleccionado para el desarrollo de la investigación. En primer lugar, se presenta el proceso para la recolección del análisis de los datos del sistema actual, a partir de las variables críticas identificadas dentro del proceso y posteriormente se presenta el desarrollo del modelo Montecarlo.

En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos a partir de la simulación actual y de los escenarios propuestos.

Por último en el capítulo 5 se presentan las conclusiones derivadas del estudio, dando respuesta a los objetivos planteados. Se destacan los principales hallazgos relacionados con el comportamiento del sistema y el impacto de las mejoras propuestas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

La cadena de suministro ha evolucionado considerablemente en los últimos años, lo anterior debido a la necesidad de aumentar la competitividad, reducir costos y satisfacer las necesidades del cliente final. Este cambio ha implicado modificaciones profundas en los modelos logísticos, incorporando nuevas tecnologías, así como estrategias de distribución. Anteriormente el concepto de logística estaba enfocado exclusivamente en el transporte y almacenamiento, ha sido ampliado para abarcar la coordinación de todas las actividades que permiten el flujo eficiente de productos, información y recursos desde el origen hasta el consumidor final, pasando por los distintos nodos que conocemos (Ballou, 2004).

A medida que las empresas enfrentan mercados más dinámicos, demandantes y con exigencias cada vez más específicas, la eficiencia operativa de cada uno de los eslabones de la cadena se vuelve crítica. Dentro de esta dinámica, los centros de distribución cumplen una función esencial como nodos de coordinación entre la oferta y la demanda. En ellos se concentran actividades clave como la recepción de mercancías, el almacenamiento temporal, el surtido de pedidos y la preparación para su despacho (Rushton *et al.*, 1989).

Cada una de estas actividades debe ejecutarse de manera sincronizada para evitar retrasos y optimizar el tiempo de ciclo logístico. Además que al ser un producto alimenticio se debe tener precisión en el tiempo de vida y días de inventario que se tiene de los productos.

2.2 CADENA DE SUMINISTRO Y EFICIENCIA OPERATIVA

La eficiencia operativa en la cadena de suministro se refiere al grado en que los procesos logísticos logran cumplir sus objetivos con el menor uso posible de recursos, tiempo y esfuerzo. Martin (2016), señala que las cadenas de suministro más competitivas son aquellas capaces de mantener altos niveles de servicio, con tiempos de ciclo reducidos y costos logísticos contenidos. Esta eficiencia no se logra solamente mediante tecnología o infraestructura, sino a través de una planificación coordinada, el control de procesos y la eliminación de desperdicios. Buscando alcanzar siempre procesos que perduren a lo largo del tiempo.

2.3 CONCEPTO DE LOGÍSTICA

La logística constituye uno de los pilares fundamentales dentro de la gestión de la cadena de suministro, ya que se encarga de planificar, ejecutar y controlar el flujo eficiente de bienes, servicios e información desde su punto de origen hasta el consumidor final (desde un punto A al punto B) (Ballou, 2004). Su propósito principal es asegurar que los productos correctos lleguen al lugar adecuado, en el momento oportuno y bajo condiciones óptimas, cumpliendo con los requerimientos del cliente.

Actualmente, la logística ha dejado de ser una función únicamente operativa

para migrar a ser un elemento estratégico dentro de las organizaciones. Esto se debe a que una adecuada gestión logística permite reducir costos, mejorar tiempos de respuesta y elevar los niveles de servicio, lo cual impacta directamente en la competitividad empresarial.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LA LOGÍSTICA: INTERNA Y EXTERNA

La logística puede dividirse en dos grandes enfoques: logística interna y logística externa, las cuales, aunque se analizan de forma separada, están fuertemente vinculadas.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la logística interna abarca todas las actividades relacionadas con el movimiento de materiales dentro de la organización. Dentro de los procesos se incluye la recepción de mercancías, almacenamiento, control de inventarios, surtido de pedidos y preparación para embarque. Y como objetivo principal se tiene optimizar el uso de los recursos dentro del almacén o CEDIS, reducir tiempos de operación y asegurar la disponibilidad de productos (Gu *et al.*, 2007).

Contrario a la logística interna esta la logística externa, la cual se enfoca en el movimiento de productos fuera de la organización, considera actividades como el transporte, la distribución física y la entrega al cliente final. Esta dimensión tiene un impacto directo en el nivel de servicio, ya que influye en los tiempos de entrega y en la percepción del cliente (Rushton, 2017).

La interacción entre ambas es clave, especialmente en los centros de distribución, donde los procesos internos deben estar perfectamente sincronizados con las operaciones de transporte para evitar retrasos y pérdidas de eficiencia (Ballou, 2004).

Un almacén puede definirse como una instalación estratégica en la cadena de

suministro, cuya función principal es almacenar productos para gestionar desequilibrios de tiempo, cantidad y variedad, consolidarlos y aplicar servicios de valor añadido como etiquetado, agrupamiento o personalización. Además, actúa como un amortiguador logístico, facilitando la continuidad operativa, eficiencia en recursos y una estrategia precisa, veloz y en condiciones adecuadas, al cliente final (Gu *et al.*, 2007; Shah y Khanzode, 2017).

A continuación, se describen los procesos del almacén:

Recibo: Consiste en la descarga de productos, verificación de cantidad y calidad, procesamiento de ingreso al sistema y posible redirección inmediata (Kuo y Chang, 2018; Van der Laan *et al.*, 2016).

Almacenamiento: Hace referencia a la reserva y gestión de inventario. Se toman decisiones sobre niveles de inventario, tiempos de reposición, y asignación de ubicaciones óptimas dentro del almacén (Larco *et al.*, 2017; Zhou *et al.*, 2016).

Picking: Consiste en realizar la selección y agrupación de los pedidos. Métodos como *picking* por lote, zonificación, listado de pedidos, secuencias o *kanban* se realizan en esta zona (De Koster *et al.*, 2007; Rouwenhorst *et al.*, 2000).

Embarques: Consiste en realizar el envío de los materiales a su destino final (Scott *et al.*, 2003).

En este contexto, las actividades de embarque y desembarque, aunque breves en comparación con otras fases del proceso logístico, pueden representar ineficiencias significativas si no son gestionadas adecuadamente. Retrasos en la asignación de andenes, esperas prolongadas por falta de personal o una mala coordinación en la programación pueden repercutir en la utilización de unidades de transporte, el cumplimiento de rutas y la percepción de servicio; Más adelante se describirán estos procesos a detalle.

2.5 CEDIS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Los centros de distribución en el sector alimenticio presentan particularidades que los diferencian de otros giros en la industria. La necesidad de preservar la calidad del producto, un inventario de alta rotación y tiempos de entrega precisos demandan que los procesos internos sean ágiles, coordinados y exactos. En el contexto de alimentos perecederos como lo son las papas fritas, galletas y botanas, la rápida degradación del producto afecta tanto la calidad como los niveles de desperdicio en la cadena de suministro y en los lugares de los clientes (Romsdal *et al.*, 2011).

Según Ballou (2004) la distribución en este tipo de industrias requiere un enfoque integral que coordine la capacidad de producción, la disponibilidad de transporte y la asignación de espacios físicos. Cualquier desajuste, como un retraso en la liberación de andenes, puede tener un efecto cascada sobre los niveles de servicio.

2.6 PROCESOS DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE

El embarque y desembarque representan fases críticas dentro de la operación de un CEDIS. Aunque suelen percibirse como simples procesos de carga y descarga, en realidad implican una serie de actividades que, si no están bien gestionadas, pueden generar tiempos muertos, congestión y demoras. Estas actividades incluyen: validación de documentos, inspección de unidades, coordinación con personal de piso, asignación de andén, maniobras de carga/descarga y cierre administrativo.

Estudios recientes indican que, en muchos casos, los tiempos de espera para acceder a un andén representan un porcentaje significativo del tiempo total de operación de un viaje, especialmente en industrias de alta rotación como la alimenticia esta situación no solo afecta la eficiencia, sino que también puede generar fricción entre operadores, personal de almacén y supervisores (González y Adenso, 2021).

2.7 GESTIÓN DE ANDENES

La gestión de andenes es un aspecto fundamental dentro de los centros de distribución, ya que se encarga de coordinar la asignación de espacios para las operaciones de carga y descarga.

Una administración inadecuada de los andenes puede provocar congestión, tiempos de espera prolongados y una baja utilización de los recursos disponibles. Por el contrario, una gestión eficiente permite mejorar el flujo de unidades, reducir tiempos muertos y optimizar la operación (Kuo y Chang, 2018).

Entre las principales prácticas utilizadas se encuentran la programación de citas, la asignación dinámica de espacios y el monitoreo en tiempo real de las operaciones, las cuales buscan sincronizar la llegada de transportistas con la capacidad operativa del almacén.

2.8 TIEMPO DE CICLO LOGÍSTICO

El tiempo de ciclo logístico es una métrica importante que mide el tiempo real empleado para completar una tarea desde el inicio de la primera actividad hasta concluir la última, incluyendo tiempos activos e inactivos dentro del proceso (iSixSigma). Como parte del modelo SCOR, también se considera como el lapso promedio desde el recibo del pedido hasta la aceptación del cliente final (Planning).

De acuerdo con Martin (2016), las empresas que dominan el tiempo de ciclo logístico están mejor preparadas para enfrentar eventos disruptivos y cambios en la demanda, incrementando su resiliencia.

2.9 TEORÍA DE COLAS APLICADA A CEDIS

La teoría de colas permite analizar sistemas en los cuales múltiples unidades requieren ser atendidas por un número limitado de recursos, generando tiempos de espera (Shortle *et al.*, 2018).

En el caso de los CEDIS, los transportistas representan las llegadas al sistema, mientras que los andenes funcionan como los servidores. Cuando la demanda supera la capacidad de atención, se forman filas que incrementan los tiempos de espera.

El análisis de estos sistemas permite identificar desequilibrios entre la llegada de unidades y la capacidad de servicio, así como evaluar alternativas para mejorar el flujo operativo, ya sea mediante la redistribución de horarios o la optimización de recursos.

2.10 TEORÍA DE RESTRICCIONES

La teoría de restricciones establece que todo sistema posee al menos un elemento que limita su desempeño global, conocido como cuello de botella (Goldratt y Cox, 2004).

En los centros de distribución, estas restricciones suelen estar relacionadas con la disponibilidad de andenes, personal operativo o tiempos de carga y descarga. Bajo este enfoque, las mejoras deben concentrarse en el elemento que limita el sistema, ya que optimizar otras áreas no generará un impacto significativo.

Este enfoque resulta especialmente útil para identificar las causas principales de los retrasos en los procesos de embarque y desembarque.

2.11 SIMULACIÓN MONTE CARLO

La simulación de Monte Carlo se ha ido consolidando como una herramienta muy útil para analizar la incertidumbre en sistemas logísticos y de cadena de suministro, ya que permite observar cómo se comportan procesos complejos cuando hay variabilidad en la demanda, en los tiempos de operación o en la ocurrencia de riesgos. En el ámbito operativo, por ejemplo, Rajhans y Ahuja desarrollan un caso en un sistema de manufactura celular de bloques de motor diésel, donde aplican simulación de Monte Carlo sobre distribuciones de producción para comparar el *layout* actual con uno propuesto; su intención es elevar la producción diaria de 17 a 22 piezas y dimensionar de manera adecuada los *buffers* intermedios, encontrando que la técnica ayuda a reducir de forma importante el trabajo en proceso (*WIP*) y a incrementar la capacidad del sistema (Rajhans y Ahuja, 2004). En una línea más estratégica, Belvárdi et al. estudian el desempeño de cadenas de suministro en el sector energético integrando datos de ERP/MRP, *Balanced Scorecard* y modelos orientados a datos, y destacan que la simulación apoyada en información real facilita vincular la medición de desempeño con decisiones sobre inventarios y configuración de la red (Belvárdi *et al.*, 2012).

Para el análisis de la gestión de riesgo en la cadena de suministro, varios trabajos han aprovechado la simulación de Monte Carlo para representar escenarios de disrupción. Se han realizado investigaciones en donde se construye un modelo estocástico de una red multinivel para evaluar el efecto de desastres naturales y de distintos planes de recuperación, lo anterior mediante múltiples corridas de simulación, las cuales muestran que los planes de recuperación con alta efectividad mejoran claramente el desempeño global de la red y recomiendan evitar configuraciones donde los riesgos estén correlacionados entre proveedores y clientes (Miller y Engemann, 2008).

Por otro lado otras investigaciones realizadas por Schmitt y Singh (2009),

combinan un modelo base en el *software* Arena con un módulo de perfiles de riesgo alimentado por distribuciones Monte Carlo de frecuencia y duración de disrupciones, esto con el objetivo de medir cómo cambia el nivel de servicio y el *fill rate* bajo diferentes políticas de inventario y estrategias de mitigación; sus resultados evidencian que políticas “demasiado *lean*” incrementan la vulnerabilidad ante eventos adversos, mientras que mayores semanas de cobertura ofrecen más resiliencia, aunque con un costo de inventario superior.

La simulación de Monte Carlo también se ha aplicado en estudios de la confiabilidad de redes logísticas complejas, modelando la cadena de suministro como un conjunto de conexiones (las cuales se encuentran como nodos y arcos) sujetos a fallas, y estimando mediante muestreo aleatorio la probabilidad de que el sistema siga funcionando dado el comportamiento de cada componente (Ha *et al.*, 2018). Dado que los problemas de confiabilidad de redes suelen ser de alta complejidad computacional, diversos autores señalan que los métodos exactos se vuelven poco prácticos en redes grandes y que los enfoques basados en Monte Carlo representan una alternativa más rápida y flexible para evaluar la resiliencia estructural de diferentes diseños de red (Marseguerra *et al.*, 2005). De esta forma, la simulación se convierte en un apoyo para decisiones de diseño logístico, permitiendo analizar compromisos entre costo y confiabilidad, así como justificar la incorporación de enlaces o nodos redundantes en la cadena (Yildiz *et al.*, 2016).

Por otro lado, se han realizado estudios en donde se considera como variables de entrada el valor promedio y la desviación de la demanda tanto en el almacén central como en el almacén local, representadas como x_1 , x_2 , x_3 y x_4 . A partir de estas variables, se analizan como salidas el costo promedio de almacenamiento, el nivel promedio de inventario y el nivel promedio de servicio para los almacenes 01 y 02. Para ello, los autores desarrollaron SIMWARE, un simulador basado en componentes para cadenas de suministro multinivel, con el cual ejecutaron 100,000 simulaciones Monte Carlo utilizando funciones de distribución empíricas obtenidas de datos de SAP Material Management. Posteriormente, aplicaron un método

de mínimos cuadrados lineales para ajustar un hiperplano a los resultados de la simulación, obteniendo derivadas parciales que conforman una matriz Jacobiana o matriz de sensibilidad. Esta matriz fue normalizada y visualizada mediante un mapa de calor codificado por colores, donde el azul representa un impacto negativo y el rojo un impacto positivo, facilitando así la interpretación de los efectos de cada variable sobre los indicadores clave de desempeño. Además, la optimización se llevó a cabo mediante el método de Programación Cuadrática Secuencial de MATLAB, con el objetivo de encontrar el punto óptimo de reorden manteniendo los niveles de servicio requeridos. Los resultados muestran que la solución óptima permitió cumplir con las restricciones de nivel de servicio de 95 % y 90 % para ambos almacenes, al mismo tiempo que se minimizaron los costos de almacenamiento. Después de la optimización, los niveles de servicio alcanzaron 0.97 en el Almacén 01 y 0.89 en el Almacén 02, sin presentarse faltantes durante las 50 semanas de simulación. Asimismo, se identificó que la desviación de la demanda, representada por x_2 y x_4 , tuvo un impacto significativamente mayor sobre todos los indicadores clave de desempeño en comparación con los valores promedio de demanda, x_1 y x_3 . En particular, la visualización permitió reconocer claramente a x_4 , correspondiente a la desviación de la demanda del almacén local, como la variable con mayor influencia negativa sobre la mayoría de las salidas. Este artículo concluye que combinar las dos herramientas, puede ayudar a gestionar los riesgos en la cadena de suministro esto con el objetivo de apoyar a la toma de decisiones, conectando la planeación estratégica con el control operativo y haciendo de la simulación una herramienta real de gestión más allá del ámbito académico (Belvárdi *et al.*, 2012).

En otros contextos, se analizó un sistema de manufactura tipo celda dedicado a la producción de bloques de cilindros para cinco modelos de motores diésel. Como variables de independientes se consideran el acomodo del *layout* de planta, el cual estuvo integrado por 39 máquinas; los datos diarios de producción registrados durante 28 días por máquina y celda; los números aleatorios obtenidos de tablas para cada corrida de simulación; y una matriz de dependencia utilizada para la

formación de celdas. A partir de estas entradas, se evaluaron como respuestas la tasa diaria de producción, expresada en bloques por turno; los niveles de inventario *Work-in-Process*; el tamaño de los *buffers* entre etapas por celda; y la producción máxima alcanzada por máquina y por celda. Para desarrollar el análisis, los autores realizaron un estudio de caso industrial en el que seleccionaron 34 de las 39 máquinas disponibles y las agruparon en cinco celdas mediante una matriz de dependencia de trabajos, con el propósito de mejorar el flujo de producción y reducir actividades que no agregan valor. La metodología consistió en utilizar los datos de producción de 28 días para construir funciones de densidad de probabilidad y funciones de distribución acumulada para cada celda, las cuales fueron validadas mediante una prueba chi-cuadrada que confirmó un comportamiento normal de los datos. Posteriormente, se aplicó la simulación Monte Carlo utilizando tablas de números aleatorios para proyectar el desempeño tanto del *layout* actual como del *layout* propuesto. Ambos escenarios fueron comparados considerando la producción máxima por celda, el promedio, la desviación estándar y los niveles de inventario WIP. Los resultados mostraron que el *layout* actual alcanzaba una producción de 17 bloques de cilindro por turno, mientras que el *layout* propuesto, conformado por cinco celdas mixtas con 25 máquinas en celdas y el resto en línea, incrementó la producción hasta 22 bloques por turno. Además, los niveles de WIP disminuyeron considerablemente, e incluso en algunas celdas se observaron valores negativos, lo que indica capacidad excedente. En conclusión, la formación de celdas basada en dependencias, combinada con simulación Monte Carlo, permitió identificar cuellos de botella, reducir inventarios en proceso, disminuir los requerimientos de *buffers* y favorecer un flujo de una sola pieza, apoyando así los principios de manufactura *Just-in-Time* y alcanzando la meta de producción establecida (Rajhans y Ahuja, 2004).

En la investigación de Schmitt y Singh (2009) se presenta un modelo para analizar cómo las interrupciones en la cadena de suministro pueden afectar el cumplimiento de las órdenes de los clientes. Para esto, los autores consideran dos tipos de variables: las relacionadas con el riesgo, como la frecuencia, duración y

tiempo de recuperación de una disrupción, y las variables operativas, como los niveles de inventario, órdenes pendientes, demanda perdida y capacidad de producción de respaldo. Primero se utilizó una simulación Monte Carlo para estimar el comportamiento de las disrupciones y después esos datos se integraron en una simulación de eventos discretos, con el fin de representar mejor el funcionamiento semanal de la cadena de suministro. Los resultados muestran que una interrupción corta no necesariamente afecta el servicio al cliente si la empresa cuenta con suficiente inventario. Sin embargo, cuando las interrupciones duran más tiempo y los inventarios son bajos, pueden generarse atrasos en los pedidos y pérdida de ventas. En mi opinión, lo más importante de este estudio es que demuestra que el riesgo en una cadena de suministro no es fijo, sino que cambia conforme cambian los inventarios, el producto en proceso y las órdenes pendientes. Por eso, este tipo de simulaciones puede ser útil para tomar mejores decisiones, como aumentar inventarios de seguridad, buscar proveedores alternos o reducir el tiempo de recuperación ante una falla.

Rymarczyk (2017), en su investigación, los autores proponen un sistema híbrido de apoyo a la toma de decisiones para estimar los costos asociados al riesgo en cadenas de suministro, integrando herramientas de inteligencia artificial y simulación de Monte Carlo. El modelo utiliza como variables de entrada la probabilidad de ocurrencia de diferentes riesgos, el costo económico de cada evento y números aleatorios para la simulación; además, en algunos casos incorpora indicadores específicos relacionados con la cooperación externa. La metodología en sí, combina la lógica difusa y redes neuronales artificiales para estimar probabilidades de riesgo, las cuales posteriormente alimentan una simulación Monte Carlo con más de 2000 iteraciones para generar escenarios y calcular de esta manera los costos potenciales. Finalmente, los resultados obtenidos muestran que el tomar este tipo de enfoques permite obtener estimaciones más objetivas y realistas que los métodos determinísticos tradicionales.

Otros trabajos, en donde se analiza la vulnerabilidad de las redes de suministro modernas, afectadas por factores como la globalización, la dependencia de infraestructuras críticas y la manufactura esbelta, utilizando como sujeto de estudio

una empresa ficticia y variables consideradas incluyen riesgos externos como huelgas, escasez de componentes críticos, inestabilidad política y desastres naturales, mientras que la principal variable de desempeño fue la pérdida de volumen, convertida posteriormente en pérdida de ingresos. La metodología se basó en un modelo de flujo de red que identifica rutas abiertas o cerradas según el estado de nodos y arcos, al cual se aplicó simulación Monte Carlo para generar escenarios de disrupción y calcular distribuciones de pérdidas mediante 20,000 simulaciones de un trimestre de 90 días. Los resultados indicaron una probabilidad del 75 % de no presentar pérdidas durante el trimestre, pero también un 25 % de probabilidad de pérdidas significativas, evidenciando que eventos poco frecuentes pueden generar impactos elevados y que las dependencias entre nodos amplifican los riesgos. En conclusión, el modelo resulta útil para evaluar riesgos estratégicos y apoyar decisiones de rediseño o diversificación de proveedores, aunque su naturaleza estática limita el análisis de la variabilidad diaria y los tiempos de entrega, por lo que los autores sugieren avanzar hacia simulaciones de eventos discretos para capturar riesgos operativos con mayor detalle (Deleris y Erhun, 2005).

Finalmente, la combinación de la simulación Monte Carlo con otras metodologías ha dado lugar a enfoques híbridos que se aplican tanto a la planificación operativa como a la gestión de riesgos de los diversos sistemas productivos en las organizaciones.

Autores proponen un modelo dinámico de planeación de la producción que integra principios de teoría de colas, teoría de las restricciones y el uso de la simulación de Monte Carlo usando datos históricos específicos por máquina-operador-pieza, con el objetivo de mejorar la estimación de tiempos de entrega y disminuir las ordenes perdidas en una planta de herramientas de corte; los resultados obtenidos reportan reducciones en los tiempos de entrega y aumentos en la productividad, pero advierten que, si no se cuidan los tamaños de lote y la mejora de procesos, un incremento en los tiempos previstos puede terminar alargando todavía más los plazos (Grimm *et al.*, 2024).

Otros de los sistemas híbridos presentados para el apoyo a decisiones para estimar costos y tiempos en actividades de la cadena de suministro, en donde se combinan lógica difusa, redes neuronales y simulación de Monte Carlo para valorar riesgos de proyecto, demuestran que este enfoque disminuye la subjetividad al asignar probabilidades y genera estimaciones de riesgo más consistentes que el solo uso del juicio experto aislado (Rymarczyk y Kłosowski, 2017).

La literatura mostrada en los párrafos anteriores indica que la simulación de Monte Carlo es una herramienta versátil para estudiar variabilidad, riesgo y desempeño en sistemas logísticos, lo cual resulta especialmente pertinente para analizar tiempos de embarque y desembarque en centros de distribución sujetos a alta incertidumbre operativa, como en el caso que se aborda en esta investigación.

2.12 GESTIÓN Y MEJORA DE PROCESOS LOGÍSTICOS

La gestión eficiente de los procesos logísticos en los CEDIS implica la aplicación de metodologías de mejora continua, como *Lean Logistics* y *Six Sigma*, que buscan reducir desperdicios, optimizar tiempos y elevar la calidad del servicio. Herramientas como el mapeo de procesos, análisis de cuellos de botella y uso de indicadores clave (KPIs) permiten identificar áreas de oportunidad y priorizar acciones de mejora (Womack y Jones, 2003).

En el caso particular de la reducción de tiempos de embarque y desembarque, algunas estrategias recomendadas incluyen: programación de citas, asignación dinámica de andenes, capacitación del personal, uso de tecnología para seguimiento en tiempo real y coordinación con transportistas para minimizar tiempos de espera.

CAPÍTULO 3

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En este capítulo se presenta la metodología que sustentará la investigación de acuerdo a la problemática. Además, se detalla el tipo y diseño de la investigación, así como los métodos empleados para llevar a cabo la recolección de los datos, los cuales abarcan la definición y operacionalización de los parámetros que se usarán en la investigación. Por otro lado, se expone información relativa a la población, la muestra, y los *softwares*, así como los métodos de análisis aplicados para proporcionar opciones de mejora en el problema de investigación.

3.1 TIPO, DISEÑO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que consiste en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con los tiempos operativos del proceso logístico, tales como el tiempo de arribo del transportista, el tiempo de descarga y el tiempo de despacho; Tales datos permiten realizar mediciones objetivas y aplicar análisis estadísticos para identificar comportamientos y posibles áreas de oportunidad dentro del proceso (Logistics, 2024).

Por otro lado, el diseño de esta investigación es un estudio no experimental, ya que las variables analizadas no serán manipuladas por el investigador, sino que se

observan tal como ocurre en su contexto natural dentro de las operaciones logísticas de la empresa seleccionada (Hernández Sampieri et al., 2014).

Asimismo, el estudio presenta un diseño transversal, debido a que la recolección de datos se realiza en un periodo determinado de tiempo, con el propósito de analizar el comportamiento de las variables en ese momento específico (De Oliveira *et al.*, 2022).

Respecto al alcance de la investigación, el estudio es de tipo descriptivo, ya que busca caracterizar y analizar los tiempos asociados a las diferentes etapas del proceso logístico, permitiendo identificar patrones, tiempos promedio y posibles cuellos de botella en las actividades de arribo, descarga y despacho de transportista (Logistics, 2024).

3.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente investigación, se empleó como técnica principal de recolección de datos la toma de tiempos, con el objetivo de identificar las operaciones en sitio y poder mejorar el proceso. Esta técnica permite medir de manera objetiva la duración de las actividades dentro de un sistema operativo proporcionando de tal manera información cuantitativa precisa para su análisis.

De acuerdo con Sookdeo (2025), padre de la ingeniería industrial, la medición sistemática del tiempo de trabajo es fundamental para comprender la eficiencia de los procesos y establecer estándares de desempeño.

En este estudio, la toma de tiempos consistió en el registro sistemático y cronológico de las actividades clave del proceso logístico, específicamente:

- Tiempo de arribo del transportista
- Tiempo de inicio y fin de descarga

- Tiempo de despacho o salida de la unidad

La recolección de datos se llevó a cabo mediante observación directa en campo, siguiendo un protocolo estructurado:

1. Identificación de las actividades

Se definieron claramente las etapas del proceso a medir, delimitando el inicio y fin de cada una para evitar ambigüedades.

2. Instrumento de medición

Se utilizó un cronómetro para registrar los tiempos con precisión en segundos o minutos.

3. Registro de dato

Los tiempos fueron anotados en un formato previamente diseñado, el cual incluyó la siguiente información:

- Fecha
- Identificación del transporte (número de unidad)
- Hora de arribo
- Hora de inicio y fin de descarga
- Hora de salida
- Observaciones relevantes (retrasos, incidencias, etc.)

4. Número de observaciones

Se realizan 48 mediciones por actividad, con el fin de garantizar la representatividad y confiabilidad de los datos.

5. Condiciones de observación

La medición se realizó bajo condiciones normales de operación, sin intervenir en el proceso, lo cual asegura la validez de los resultados.

La técnica empleada corresponde a un estudio de tiempos directo y continuo, ya que el investigador mide las actividades en tiempo real conforme ocurren, sin recurrir a estimaciones de datos históricos. Dentro de sus principales ventajas es identificar cuellos de botella, y apoya a la mejora para toma de decisiones en los procesos logísticos (Vargas *et al.*, 2023).

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para efectos de este estudio, se considera como población al conjunto de transportistas que arriban a la empresa para llevar a cabo operaciones logísticas relacionadas con la recepción y manejo de materiales. En este sentido, se contemplan tanto unidades de carga a granel como de carga entarimada, ya que ambas forman parte del flujo operativo cotidiano y presentan características particulares en su tiempo de atención. Cabe mencionar que, debido a la naturaleza dinámica de las operaciones logísticas, no se cuenta con un marco muestral previamente definido ni con un registro completo que permita identificar con precisión el total de unidades que arribaron en un periodo determinado. Por esta razón, en esta etapa de estudio se optó por trabajar con las unidades que efectivamente se presentaron durante el periodo de observación.

En relación a la muestra, esta se integró por un total de 101 registros de transportistas, recopilados durante el periodo comprendido del 02 de junio al 11 de junio del 2025. La selección de las unidades se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando aquellas que pudieron ser observadas y medidas directamente en campo bajo condiciones normales de operación.

Es importante señalar que cada registro corresponde a una unidad de transporte individual, en la cual se documentaron los tiempos asociados a su proceso logístico, especialmente en etapas de arribo, descarga y despacho.

Finalmente, de manera preliminar, se considera que el tamaño de la muestra

permite obtener una primera aproximación al comportamiento de los tiempos logísticos dentro del periodo analizado. No obstante, es posible que en etapas posteriores del estudio se amplíe el número de observaciones con el fin de fortalecer la validez de los resultados.

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con el objetivo de análisis la información se consideró llevar a cabo la primera parte de este análisis de forma determinística a partir del balanceo del proceso logístico, en donde se tuvieron como actividades los cálculos promedio de arribo, espera, descarga, y despacho; Primeramente, se determinó en dónde se lleva a cabo la acumulación de unidades y cuál es la etapa que más tarda en procesarse. Posteriormente se identificó el cuello de botella, el cual hace referencia a la etapa o proceso que tiene el mayor tiempo de trabajo o en otras palabras la menor capacidad. Posteriormente se emitió una recomendación con el objetivo de disminuir el tiempo de espera.

Y finalmente la parte probabilística con el objetivo de complementar el análisis de los tiempos operativos y evaluar posibles escenarios de mejora en el proceso logístico, se incorporó una simulación basada en el método de Monte Carlo. Este enfoque se usa para simular la variabilidad de los tiempos logísticos a partir de datos reales, permitiendo evaluar cómo se comporta el sistema tanto en su estado actual como bajo escenarios de mejora, sin asumir que los tiempos son constantes (Henrique *et al.*, 2005).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados del análisis del sistema actual (*AS-IS*), a partir de la evaluación de los tiempos de operación y la eficiencia de cada una de las actividades involucradas. Asimismo, se analiza el desempeño global del sistema mediante indicadores clave, con el propósito de identificar áreas de oportunidad y establecer una base para la comparación con los escenarios de mejora generados mediante la simulación de Monte Carlo.

4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL (*AS-IS*)

El análisis del sistema actual (*AS-IS*) se centra en la evaluación del proceso de carga, descarga y despacho dentro del almacén, con el objetivo de comprender su funcionamiento y desempeño operativo. Dicho proceso puede observarse de manera general en la Figura 4.1, donde se ilustran las principales etapas desde la llegada de las unidades hasta su salida del sistema. Con base a esta representación, se procede a analizar los tiempos de operación, tiempos de espera y la interacción con los recursos disponibles, lo que permite identificar áreas de oportunidad y establecer indicadores de desempeño como la eficiencia del sistema en su estado actual.

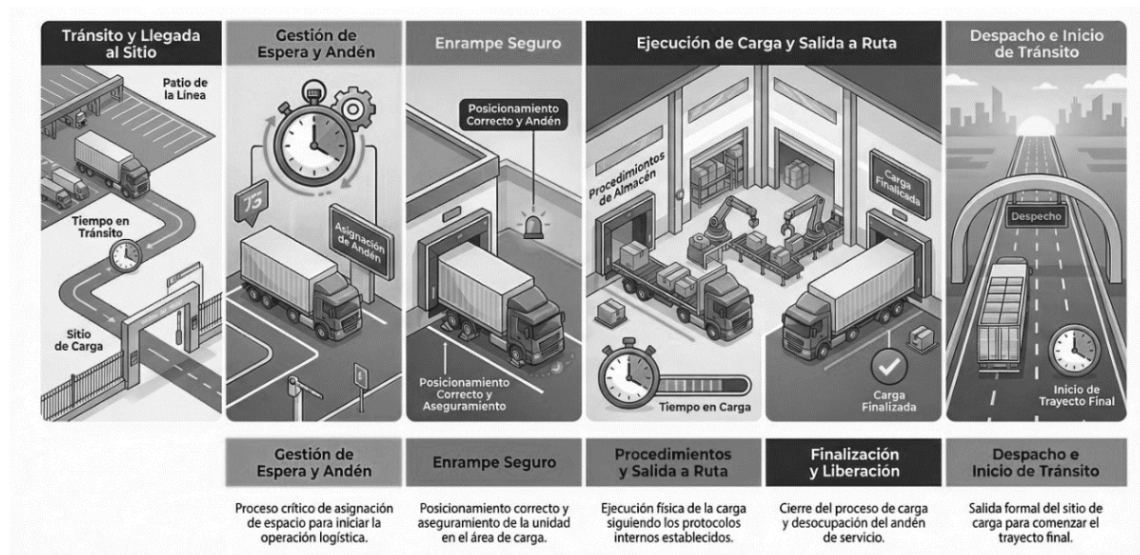


FIGURA 4.1: Flujo del proceso de carga y gestión de tiempos

Con base a la información recopilada, se realizó el análisis de los tiempos asociados a cada unidad, considerando la hora de llegada, el inicio de la operación y el fin de la carga o descarga. A partir de estos datos, se determinaron los tiempos de espera y los tiempos de servicio, lo que permitió caracterizar el desempeño del sistema.

El tiempo de espera se definió como el intervalo entre la llegada de la unidad y el inicio de la operación en andén (Ecuación 4.1), mientras que el tiempo de servicio corresponde al tiempo efectivo de carga o descarga. Asimismo, se calculó el tiempo total en el sistema como la diferencia entre el tiempo fin de la carga y la hora de llegada (Ecuación 4.2).

Con estos elementos, se estimó la eficiencia del sistema (Ecuación 4.3), definida como la relación entre el tiempo productivo (carga/descarga) y el tiempo total que la unidad permanece en el sistema. Este indicador permite evaluar el grado de aprovechamiento del tiempo y detectar posibles ineficiencias asociadas a periodos de espera, la información mencionada puede ser observada en la Tabla 4.1.

$$\text{Tiempo de Espera} = \text{Inicio de carga} - \text{Hora de llegada} \quad (4.1)$$

$$\text{Tiempo total en el sistema} = \text{Fin de carga} - \text{Hora de llegada} \quad (4.2)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de carga}}{\text{Tiempo total en el sistema}} \quad (4.3)$$

TABLA 4.1: Cálculo de Tiempo de Carga, Espera, Total en el Sistema y Eficiencia

Medición	Tiempo de Carga	Espera (min)	Total en el Sistema	Eficiencia
1	70	292	362	19 %
2	75	163	238	32 %
3	86	0	86	100 %
4	127	67	194	65 %
5	146	160	306	48 %
6	140	0	140	100 %
7	150	0	150	100 %
8	162	48	210	77 %
9	140	0	140	100 %
10	171	24	195	88 %
11	172	103	275	63 %
12	172	47	219	79 %
13	160	160	320	50 %
14	180	0	180	100 %
15	210	90	300	70 %
16	187	83	270	69 %
17	120	420	540	22 %

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.1 – continuación

Medición	Tiempo de Carga	Espera (min)	Total en el Sistema	Eficiencia
18	180	180	360	50 %
19	224	16	240	93 %
20	113	187	300	38 %
21	288	132	420	69 %
22	160	200	360	44 %
23	167	193	360	46 %
24	180	360	540	33 %
25	250	50	300	83 %
26	205	95	300	68 %
27	210	90	300	70 %
28	220	0	220	100 %
29	285	105	390	73 %
30	241	82	323	75 %
31	231	109	340	68 %
32	253	287	540	47 %
33	224	196	420	53 %
34	240	150	390	62 %
35	225	150	375	60 %
36	185	175	360	51 %
37	252	0	252	100 %
38	360	120	480	75 %
39	250	170	420	60 %
40	240	0	240	100 %
41	180	480	660	27 %
42	214	26	240	89 %
43	284	16	300	95 %
44	321	159	480	67 %

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.1 – continuación

Medición	Tiempo de Carga	Espera (min)	Total en el Sistema	Eficiencia
45	300	344	644	47 %
46	286	0	286	100 %
47	210	150	360	58 %
48	300	300	600	50 %

A partir de la información recopilada, se realizó un análisis estadístico de los tiempos de operación del sistema, considerando el tiempo de carga, el tiempo de espera, y el tiempo total en el sistema. Estos indicadores permiten caracterizar el desempeño del proceso actual en su estado actual (*AS-IS*). En términos de valores promedio (Ecuación 4.4), el tiempo de carga presentó un valor de 203 minutos, mientras que el tiempo de espera fue de 129 minutos, lo que da como resultados una eficiencia del 66 %, lo cual indica que al menos dos terceras partes del tiempo total corresponden a actividades productivas, mientras que el resto se asocia a tiempos no productivos, principalmente de espera.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.4)$$

Dónde:

$\bar{x}$ = promedio

x_i = cada observación

n = número total de datos

En relación con la variabilidad de los datos, se observó que el tiempo de carga presenta una desviación estándar muestral (Ecuación 4.5) de 69 minutos, mientras que el tiempo de espera y el tiempo total en el sistema presenta desviaciones de 125 y 139 minutos, respectivamente. Estos resultados evidencian una dispersión considerable, lo que sugiere un comportamiento variable en el sistema.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (4.5)$$

Donde:

σ = desviación estándar poblacional

μ = media poblacional

N = total de datos

Por otro lado, el análisis de valores extremos muestra que el tiempo de carga oscila entre 64 y 360 minutos mientras que el tiempo de espera presenta un rango más amplio, con valores entre 0 y 480 minutos. En consecuencia, el tiempo total en el sistema varía entre 86 y 660 minutos, lo que confirma la existencia de fluctuaciones significativas en la operación.

$$x_{\text{máx}} = \text{máx}(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.6)$$

$$x_{\text{mín}} = \text{mín}(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.7)$$

La información mencionada con anterioridad puede observarse en la Tabla 4.2, en donde se encuentran el consolidado de los datos mencionados.

TABLA 4.2: Consolidado de Cálculos

Medición	Tiempo de Carga	Espera (min)	Total en el Sistema	Eficiencia
Tiempo Promedio	203	129	332	66 %
Tiempo Máximo	360	480	660	
Tiempo Mínimo	64	0	86	
Desviación Estándar Poblacional	68	124	138	
Desviación Estándar Muestral	69	125	139	

A partir de los resultados presentados en la tabla anterior, es posible identificar el comportamiento general del sistema en términos de tiempos y eficiencia. Se observa que los tiempos promedio reflejan una operación con oportunidades de mejora, particularmente en los periodos de espera, los cuales impactan directamente en el tiempo total dentro del sistema.

De igual manera se puede observar la diferencia entre los valores mínimos y máximos que evidencian una alta variabilidad en el proceso, lo que indica inconsistencias en la operación. En este sentido, la eficiencia obtenida permite evaluar el desempeño actual del sistema y establecer una base para una propuesta de mejora.

4.2 CUELLO DE BOTELLA

El análisis del comportamiento de las actividades permite comprender la dinámica operativa del sistema de carga y despacho, identificando patrones, varia-

bilidad y posibles ineficiencias en cada una de las etapas del proceso.

A partir de los resultados obtenidos en el apartado anterior, se observa que el tiempo de carga presenta una relativa estabilidad en comparación con el tiempo de espera, el cual muestra una mayor dispersión y valores extremos considerablemente altos. Esta diferencia sugiere que, si bien la operación de carga se realiza de manera relativamente controlada, existen factores externos al proceso de servicio que afectan significativamente el desempeño global del sistema.

En particular, los tiempos de espera elevados evidencian la presencia de cuellos de botella en el sistema, principalmente asociados a la disponibilidad de andenes y la programación de llegadas. La existencia de registros con tiempos de espera nulos, en contraste con valores máximos altos, confirma que el sistema no presenta una saturación constante, sino más bien una operación variable con periodos de alta congestión intercalados con momentos de capacidad ociosa.

Este comportamiento es característico de sistemas donde no existe una adecuada sincronización entre la llegada de unidades y la capacidad de atención, lo que provoca acumulación de unidades en ciertos periodos. En consecuencia, el tiempo total en el sistema se ve fuertemente influenciado por los tiempos de espera, reduciendo la eficiencia global del proceso.

Asimismo, la alta variabilidad observada en los datos, reflejada en la desviación estándar, indica inconsistencias en la operación, lo cual dificulta la planeación y el control del sistema.

Esta situación sugiere la necesidad de implementar estrategias que permitan balancear la carga de trabajo, mejorar la asignación de recursos y optimizar la programación de arribos.

En este sentido, el análisis del comportamiento de las actividades no solo permite identificar las principales fuentes de ineficiencia, sino que también establece las bases para la aplicación de técnicas de mejora, como la simulación mediante

métodos probabilísticos, que permitan evaluar distintos escenarios y reducir los efectos de los cuellos de botella detectados.

Corroborando lo anterior se identificó que aproximadamente el 40 % del tiempo total en el sistema corresponde a tiempos de espera, lo cual representa una proporción (Ecuación 4.8) significativa de tiempo no productivo y confirma la existencia de ineficiencias operativas.

$$\text{Proporción de espera} = \frac{\text{Tiempo de espera}}{\text{Tiempo total}} \quad (4.8)$$

Con base en el análisis realizado, se concluye que el cuello de botella del sistema se encuentra en la etapa previa a la carga, específicamente en la gestión de la espera y asignación de andenes. Este problema no radica en la capacidad de servicio, sino en la falta de sincronización entre la llegada de unidades y la disponibilidad de recursos, lo que genera acumulaciones, incrementa los tiempos totales y reduce la eficiencia global del sistema.

Debido a la variabilidad observada en los tiempos de espera, resulta necesario modelar el sistema bajo un enfoque probabilístico que permita representar esta incertidumbre. En este sentido, el método de simulación de Monte Carlo se presenta como una herramienta adecuada para analizar distintos escenarios y evaluar posibles mejoras en el sistema.

4.3 SIMULACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE EL MÉTODO DE MONTE CARLO

Con el objetivo de analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones de incertidumbre y la variabilidad, se empleó el método de simulación de Monte Carlo. Esta técnica permite generar múltiples escenarios posibles a partir de distribuciones probabilísticas, proporcionando una representación más realista del sistema en

comparación con un análisis determinístico. En este caso, la simulación se enfocó en los tiempos de espera y de carga, identificados previamente como variables clave en el desempeño del sistema.

4.3.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y SUPUESTOS

Para la contribución del modelo de simulación, se consideraron como variables aleatorias el tiempo de espera y el tiempo de carga. Ambas variables fueron modeladas mediante distribuciones normales, a partir de los parámetros estadísticos obtenidos en el análisis del sistema actual.

Se establecieron los siguientes supuestos:

- Los tiempos de espera y carga siguen una distribución normal.
- Las variables son independientes entre sí.
- No se consideran tiempos negativos, por lo que los valores simulados se acotan a cero.
- El sistema se analiza en estado estable.

4.3.2 MODELACIÓN MATEMÁTICA

Las variables se modelaron como se muestra en la Ecuación 4.9 y 4.10.

$$T_{\text{espera}} \sim N(\mu_e, \sigma_e) \quad (4.9)$$

$$T_{\text{carga}} \sim N(\mu_c, \sigma_c) \quad (4.10)$$

Donde para la Ecuación 4.9 (espera)

$$\mu = 129 \quad \sigma = 125$$

Donde para la Ecuación 4.10 (carga)

$$\mu = 203 \quad \sigma = 69$$

Por otro lado, el tiempo total en el sistema se definió como se menciona en los apartados anteriores.

4.3.3 GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS

Para la simulación se usó el Excel, aplicando la función (Ecuación 4.11).

$$= \text{MAX}(0; \text{INV.NORM}(\text{ALEATORIO}(); \mu; \sigma)) \quad (4.11)$$

Donde:

$\text{ALEATORIO}()$ = genera valores uniformes entre 0 y 1

$\text{INV.NORM}()$ = transforma dichos valores a una distribución normal

$\text{MAX}(0; \dots)$ = evitar valores negativos

Se realizaron 100 interacciones para obtener una muestra representativa del comportamiento del sistema, los cuales se muestran en la Tabla 4.3.

TABLA 4.3: Datos Simulados

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
1	131.875191	260.238532	392.113723	0.66368127
2	248.655989	203.725815	452.381804	0.45034043
3	27.9666722	284.229263	312.195935	0.91041949
4	1.24311479	138.508858	139.751973	0.99110485
5	62.2405689	322.032119	384.272688	0.8380302
6	36.6048687	235.051966	271.656834	0.86525328
7	250.574545	357.814104	608.388649	0.58813409
8	0	214.542822	214.542822	1
9	306.143158	334.512998	640.656157	0.52214124
10	141.799131	232.307607	374.106738	0.62096611
11	116.214936	192.948487	309.163424	0.62409869
12	229.686595	157.885529	387.572124	0.4073707
13	190.350741	210.379722	400.730463	0.52499059
14	234.315973	211.982724	446.298697	0.47497948
15	148.572115	185.201176	333.773291	0.55487117
16	175.538922	183.251014	358.789936	0.51074736
17	93.1559828	281.650564	374.806547	0.75145583
18	0	234.149859	234.149859	1
19	95.8740794	264.51608	360.39016	0.73397143
20	25.5387539	137.590391	163.129145	0.84344457
21	0	270.615792	270.615792	1
22	61.9372586	218.412083	280.349342	0.77907115
23	91.996284	228.495437	320.491721	0.7129527
24	263.717982	176.729959	440.44794	0.40125051
25	189.073592	229.716829	418.790421	0.54852455
26	272.120859	242.979132	515.099991	0.47171255

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.3 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
27	25.075568	234.30664	259.382208	0.9033258
28	140.913592	135.255313	276.168905	0.48975576
29	247.245711	151.587932	398.833643	0.3800781
30	268.274649	254.34643	522.621079	0.48667465
31	0	260.987436	260.987436	1
32	253.251025	239.052247	492.303272	0.48557924
33	182.372888	219.574667	401.947556	0.54627691
34	134.153084	184.828386	318.98147	0.57943299
35	0	168.002892	168.002892	1
36	99.7866823	171.362023	271.148706	0.6319854
37	128.145054	186.088437	314.233491	0.59219797
38	13.3526467	158.758473	172.11112	0.92241845
39	144.585664	89.0334575	233.619122	0.38110518
40	269.883344	181.516829	451.400173	0.40211954
41	375.540275	273.102446	648.642722	0.42103679
42	78.7308686	163.149147	241.880015	0.67450445
43	127.488912	308.63583	436.124741	0.70767787
44	92.2891215	180.867755	273.156876	0.66213876
45	146.246921	170.472508	316.719429	0.53824455
46	222.950006	241.466513	464.416519	0.51993524
47	104.04212	223.547231	327.589351	0.68240079
48	0	125.437268	125.437268	1
49	51.0665086	197.663934	248.730442	0.79469136
50	108.945853	341.071087	450.016939	0.75790722
51	102.521225	289.48799	392.009215	0.73847241
52	109.236174	155.970823	265.206997	0.58810976
53	44.784131	299.073978	343.858109	0.86975985
54	42.9874278	135.390873	178.378301	0.75900977

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.3 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
55	98.884565	197.958661	296.843226	0.6668795
56	118.094574	121.91996	240.014534	0.50796907
57	68.0500189	263.299126	331.349145	0.79462745
58	88.0924155	237.72755	325.819966	0.72962855
59	295.213944	332.638073	627.852017	0.5298033
60	38.1543297	238.191827	276.346157	0.86193284
61	79.8306489	320.805584	400.636233	0.80074032
62	133.643833	228.053822	361.697655	0.63050954
63	113.947762	309.716199	423.663961	0.73104212
64	53.896422	133.288644	187.185066	0.71206879
65	97.4638895	245.188794	342.652684	0.7155607
66	52.70241	68.6453446	121.347755	0.5656911
67	202.504447	161.801603	364.30605	0.44413647
68	67.3714136	254.354079	321.725492	0.79059349
69	225.806459	260.940351	486.746809	0.53609052
70	46.300753	63.2789999	109.579753	0.57746982
71	0	45.3920543	45.3920543	1
72	65.1402751	169.663129	234.803404	0.72257525
73	18.8819231	179.766984	198.648907	0.90494827
74	4.15217857	246.181239	250.333418	0.98341341
75	0	105.307547	105.307547	1
76	437.383604	310.826248	748.209852	0.41542656
77	44.4307003	235.189274	279.619974	0.84110327
78	100.754047	203.684616	304.438663	0.66904976
79	5.79777334	245.170988	250.968762	0.97689843
80	118.600926	323.828487	442.429413	0.73193255
81	141.44021	246.473972	387.914182	0.63538273
82	175.250963	180.104766	355.355728	0.5068295

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.3 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
83	0	169.530134	169.530134	1
84	52.7395708	73.5226259	126.262197	0.58230118
85	0	139.164016	139.164016	1
86	124.357542	246.109996	370.467538	0.6643227
87	59.2919722	158.89991	218.191882	0.72825766
88	73.5024647	291.462969	364.965433	0.79860431
89	78.0677705	241.977105	320.044875	0.75607242
90	104.341532	259.1766	363.518132	0.71296746
91	189.231809	296.416613	485.648422	0.61035226
92	288.163115	220.237913	508.401028	0.43319722
93	240.682229	62.4163571	303.098586	0.20592758
94	255.569514	124.643142	380.212655	0.32782481
95	34.615349	209.267216	243.882565	0.8580655
96	105.352628	152.346603	257.699231	0.59117989
97	218.952219	251.003329	469.955548	0.53410015
98	73.234739	207.859003	281.093742	0.73946507
99	101.794897	76.1512072	177.946104	0.42794535
100	145.404387	128.264665	273.669053	0.46868531

4.3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 4.4, se observan los resultados de la simulación los cuales muestran que el tiempo promedio de espera es de 119.46 minutos, mientras que el tiempo de carga presenta un promedio de 209.87 minutos, generando un tiempo total promedio de 329.33 minutos. Estos valores presentan una ligera disminución respecto a lo actual, lo cual indica que el modelo probabilístico suaviza los valores extremos observados desde la operación real.

Sin embargo, los valores máximos continúan siendo elevados alcanzando hasta 478 minutos en el tiempo total, lo que evidencia que el sistema sigue siendo susceptible a condiciones de congestión. Asimismo, la desviación estándar obtenida confirma la presencia de una alta variabilidad (128.5223), particularmente en el tiempo de espera, lo cual impacta directamente en la eficiencia del sistema. Destacando que esta simulación muestra un aumento en la eficiencia de 2 %, con respecto a la real.

TABLA 4.4: Concentrado de resultados

Simulación 1 (Datos simulados tiempo de carga y espera)				
Dato (Simulado)	Tiempo de Carga	Tiempo de Espera	Tiempo Total	Eficiencia
Tiempo Promedio	209.8735473	119.4615899	329.3351372	68 %
Tiempo Máximo	357.8141036	437.3836038	748.2098521	
Tiempo Mínimo	45.39205432	0	45.39205432	
Desviación Estándar Poblacional	68.81908455	93.33615278	127.8780077	
Desviación Estándar Muestral	69.16578239	93.80636308	128.5222335	

4.4 ESCENARIO DE MEJORA

Con el fin de evaluar posibles mejoras en el sistema, se diseñó un escenario en el cual se reduce tanto el tiempo promedio como la variabilidad de los tiempos de espera, simulando una mejor gestión en la asignación de andenes y programación de llegadas. A partir de la simulación y de los objetivos planteados por la organización del caso de estudio se propone que se deberá reducir un 20 % en el tiempo promedio y un 30 % de la variabilidad esto en la variable de mayor impacto tiempo de espera,

debido a lo anterior el nuevo escenario tendrá un tiempo medio de espera 103 y la nueva variación 87.5, la nueva simulación se observa en la Tabla 4.5.

TABLA 4.5: Simulación con objetivos (-20 tiempo promedio y -30 la variabilidad)

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
1	195.4850975	203	398.485097	0.50942934
2	215.8091547	203	418.809155	0.48470765
3	35.01804718	203	238.018047	0.8528765
4	62.7295339	203	265.729534	0.76393466
5	0	203	203	1
6	201.6752093	203	404.675209	0.50163686
7	277.9758346	203	480.975835	0.42205863
8	32.076963	203	235.076963	0.86354697
9	0	203	203	1
10	94.95426594	203	297.954266	0.68131261
11	141.3564143	203	344.356414	0.5895055
12	68.78295956	203	271.78296	0.74691953
13	168.2427805	203	371.24278	0.54681198
14	207.3589122	203	410.358912	0.4946889
15	204.446839	203	407.446839	0.49822451
16	29.20499961	203	232.205	0.87422752
17	0	203	203	1
18	237.1095907	203	440.109591	0.46124875
19	144.8059545	203	347.805954	0.58365878
20	147.6429477	203	350.642948	0.5789365
21	33.75720817	203	236.757208	0.85741846
22	136.1037064	203	339.103706	0.59863692
23	97.46929701	203	300.469297	0.67560979
24	204.1016848	203	407.101685	0.49864692

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.5 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
25	4.931644229	203	207.931644	0.97628238
26	0	203	203	1
27	54.27194377	203	257.271944	0.78904834
28	138.2391047	203	341.239105	0.59489079
29	122.182433	203	325.182433	0.62426496
30	144.6497684	203	347.649768	0.583921
31	20.50429239	203	223.504292	0.90825996
32	0	203	203	1
33	127.346761	203	330.346761	0.6145058
34	0	203	203	1
35	0	203	203	1
36	157.7665503	203	360.76655	0.56269075
37	0	203	203	1
38	54.60652771	203	257.606528	0.78802351
39	5.610754527	203	208.610755	0.97310419
40	150.5968424	203	353.596842	0.57410015
41	138.1596415	203	341.159642	0.59502935
42	59.55638884	203	262.556389	0.77316725
43	134.0786809	203	337.078681	0.60223328
44	88.11516168	203	291.115162	0.69731854
45	79.43252268	203	282.432523	0.71875575
46	33.29881499	203	236.298815	0.85908175
47	28.18751104	203	231.187511	0.87807511
48	0	203	203	1
49	120.0650705	203	323.065071	0.62835639
50	95.05989694	203	298.059897	0.68107116
51	95.59899617	203	298.598996	0.67984154
52	21.87650007	203	224.8765	0.90271771

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.5 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
53	81.89046004	203	284.89046	0.71255457
54	235.0273844	203	438.027384	0.46344134
55	35.31974257	203	238.319743	0.85179682
56	120.5934109	203	323.593411	0.62733045
57	0	203	203	1
58	282.0943116	203	485.094312	0.41847533
59	51.67633188	203	254.676332	0.79709017
60	102.1241575	203	305.124158	0.66530294
61	134.7285436	203	337.728544	0.60107445
62	199.4540185	203	402.454019	0.50440545
63	0	203	203	1
64	170.0906867	203	373.090687	0.54410364
65	62.45145333	203	265.451453	0.76473494
66	177.8143539	203	380.814354	0.53306814
67	169.0854771	203	372.085477	0.54557356
68	231.1279775	203	434.127978	0.46760405
69	0	203	203	1
70	147.4920969	203	350.492097	0.57918567
71	0	203	203	1
72	142.4158964	203	345.415896	0.58769733
73	129.7486105	203	332.74861	0.61007017
74	54.74665729	203	257.746657	0.78759508
75	180.7326509	203	383.732651	0.52901414
76	163.5775257	203	366.577526	0.55377099
77	205.6878403	203	408.68784	0.49671162
78	0	203	203	1
79	33.79966774	203	236.799668	0.85726472
80	95.50431826	203	298.504318	0.68005716

Continúa en la siguiente página

Cuadro 4.5 – continuación

Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
81	87.44547097	203	290.445471	0.69892637
82	0	203	203	1
83	181.1462348	203	384.146235	0.52844459
84	63.70867669	203	266.708677	0.76113009
85	249.6494761	203	452.649476	0.44847064
86	155.7810096	203	358.78101	0.56580475
87	52.28712408	203	255.287124	0.79518307
88	0	203	203	1
89	215.7266185	203	418.726618	0.48480319
90	0	203	203	1
91	34.45651897	203	237.456519	0.85489335
92	75.11286183	203	278.112862	0.7299195
93	0	203	203	1
94	97.02796412	203	300.027964	0.6766036
95	45.87665823	203	248.876658	0.81566508
96	124.2908673	203	327.290867	0.6202434
97	135.7787362	203	338.778736	0.59921116
98	209.2115892	203	412.211589	0.49246553
99	100.1364617	203	303.136462	0.6696654

Por otro lado, en la Tabla 4.6, se observan los resultados de la simulación los cuales muestran que el tiempo promedio de espera es de 99.44 minutos. Estos valores presentan una ligera disminución respecto a lo actual, lo cual indica que el modelo probabilístico suaviza los valores extremos observados desde la operación real. Asimismo, la desviación estándar obtenida confirma la presencia de una alta variabilidad (78.06), particularmente en el tiempo de espera, lo cual impacta directamente en la eficiencia del sistema. Destacando que esta simulación muestra un aumento en la eficiencia de 6 %, con respecto a la real.

TABLA 4.6: Simulación 2

Simulación 2 (Datos simulados espera promedio -20 % / -30 % variabilidad)				
Dato (Simulado)	Tiempo de Espera	Tiempo de Carga	Tiempo Total	Eficiencia
Tiempo Promedio	99.44508132	203	302.4450813	72 %
Tiempo Máximo	282.0943116	203	485.0943116	
Tiempo Mínimo	0	203	203	
Desviación Estándar Poblacional	77.67204497	0	77.67204497	
Desviación Estándar Muestral	78.06732511	0	78.06732511	

4.5 CONCLUSIONES DE LOS ESCENARIOS ANALIZADOS

A partir del análisis comparativo entre los datos reales y escenarios simulados mediante el método de Monte Carlo, se identificaron cambios relevantes en el comportamiento del sistema al modificar las condiciones de operación.

En el escenario real, el sistema presenta un tiempo total promedio de 331.77 minutos y una eficiencia del 66 %, evidenciando un desempeño moderado con alta variabilidad, principalmente asociada a los tiempos de espera, cuya desviación supera 120 %. Esto indica un sistema inestable, con presencia frecuente de tiempos extremos.

La simulación 1 permitió validar el modelo, ya que reproduce de manera consistente los valores observados en el sistema real, obteniendo un tiempo total promedio de 329.33 minutos y una eficiencia de 68 %. Asimismo, se observa una ligera reducción en la variabilidad de los tiempos de espera, lo que confirma que el modelo es representativo del comportamiento del sistema bajo condiciones normales

de operación.

En la simulación 2, se implementó un escenario enfocando exclusivamente en los tiempos de espera, considerando una reducción del 20 % en su valor promedio y el 30 % de la variabilidad. Bajo estas condiciones, el tiempo total disminuye a 302.44 minutos y la eficiencia del sistema se incrementa a 72 %, lo cual representa una mejora significativa respecto al escenario real.

Estos resultados demuestran que la reducción tanto en la magnitud como en la dispersión de los tiempos de espera tienen un impacto directo en el desempeño global del sistema. En particular, la disminución de la variabilidad contribuye a estabilizar el flujo de operación, reduciendo la ocurrencia de tiempos extremos y mejorando la eficiencia.

Concluyendo que los tiempos de espera constituyen el principal factor crítico del sistema, y que su adecuada gestión, no solo en términos de reducción promedio sino también de control de la variabilidad, es fundamental para lograr mejoras sostenibles en la eficiencia operativa.

La Tabla 4.7 presenta la comparación de los principales indicadores de desempeño del sistema bajo condiciones reales y escenarios simulados. La simulación 1 valida el modelo al reproducir resultados similares al sistema real. Por su parte la simulación 2 muestra una mejora significativa en la eficiencia (72 %), derivada de la reducción en el promedio y la variabilidad de los tiempos de espera, evidenciando su impacto directo en el desempeño global del sistema.

TABLA 4.7: Comparación de indicadores de desempeño

Indicador	Datos Reales	Simulación 1	Simulación 2 (↓20 % μ espera / ↓30 % σ espera)
Tiempo promedio de espera (min)	128.73	119.46	99.45
Tiempo promedio de carga (min)	203.04	209.87	203.00
Tiempo total promedio (min)	331.77	329.34	302.45
Eficiencia (%)	66.00 %	68.00 %	71.73 %
Desv. estándar espera (min)	123.71	93.34	77.67
Desv. estándar carga (min)	67.80	68.82	0.00*
Tiempo máximo total (min)	660.00	748.21	485.09
Tiempo mínimo total (min)	86.00	45.39	203.00

En este capítulo se llevó a cabo el análisis del sistema bajo estudio mediante la comparación de datos reales y escenarios simulados utilizando el método de Monte Carlo. Los resultados obtenidos permitieron no solo validar el modelo de simulación, sino también evaluar el impacto de distintas condiciones operativas sobre el desempeño del sistema.

A partir del escenario base, se identificó que los tiempos de espera representan el principal factor que limita la eficiencia, debido a su alta variabilidad y magnitud en comparación con los tiempos de carga. Esta condición genera inestabilidad en el sistema y propicia la aparición de tiempos totales elevados.

La simulación inicial confirmó la capacidad del modelo para replicar el comportamiento real del sistema, mientras que el escenario de mejora evidenció que la reducción del 20 % en el tiempo promedio de espera y el 30 % en su variabilidad permiten incrementar la eficiencia un 71.73 %, así como disminuir el tiempo total del sistema.

Estos hallazgos demuestran que las estrategias enfocadas en la gestión de la espera tienen un impacto significativo en el desempeño global, especialmente cuando se aborda tanto la reducción de tiempos como el control de su variabilidad. En este sentido, la variabilidad se posiciona como un elemento crítico que debe de ser gestionado para lograr mejoras sostenibles en la operación.

En conclusión, el análisis realizado permite establecer una base sólida para la formulación de propuestas de mejora orientadas a la optimización del sistema.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

El presente capítulo tiene como propósito formular propuestas de mejora derivadas del análisis del sistema realizado en el capítulo anterior, así como establecer las principales limitaciones del estudio y proponer líneas de investigación futuras que permitan ampliar el alcance de los resultados obtenidos.

A partir de la aplicación del método de simulación Monte Carlo, se identificó que los tiempos de espera constituyen el principal factor que afecta la eficiencia del sistema, debido tanto a su magnitud como a su alta variabilidad. En este sentido, las propuestas planteadas se enfocan en una reducción y control de dichos tiempos, con el objetivo de mejorar el desempeño global del sistema sin necesariamente incrementar los recursos disponibles.

5.1 PROPUESTA DE MEJORA

Las propuestas de mejora se diseñan con base en los hallazgos obtenidos en el análisis priorizando aquellas intervenciones que impacten directamente en la reducción de los tiempos de espera y su variabilidad.

5.1.1 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROGRAMACIÓN

CITAS

Una de las principales fuentes de variabilidad en los tiempos de espera es la llegada no controlada de entidades al sistema. Para mitigar este efecto, se propone la implementación de un sistema de programación de citas que permita regular los tiempos de arribo.

Esta estrategia contribuiría a:

- Reducir la congestión en periodos pico.
- Disminuir la variabilidad en los tiempos de espera.
- Mejora la distribución de la carga de trabajo.

La evidencia obtenida en la simulación sugiere que la reducción en la variabilidad tiene un impacto significativo en la eficiencia, por lo que esta medida resulta altamente recomendable.

5.1.2 ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS OPERATIVOS

La variabilidad en los tiempos también puede estar asociados a diferentes en la ejecución de los procesos. En este sentido, se propone la estandarización de las actividades mediante.

- Procedimientos operativos
- Capacitación del personal
- Uso de las listas de verificación

Esta estrategia busca reducir la dispersión de los tiempos de operación, lo que permitiría estabilizar el sistema y disminuir la ocurrencia de tiempos extremos.

5.1.3 BALANCEO DE CARGA ENTRE ESTACIONES DE TRABAJO

El análisis sugiere que la distribución de trabajo puede no ser homogénea, lo que genera acumulación de entidades en ciertas etapas del proceso. Por lo que se propone:

- Distribuir equitativamente las actividades
- Reducir los tiempos de espera innecesarios
- Incrementar la eficiencia del flujo operativo.

5.1.4 MONITOREO Y CONTROL DE INDICADORES OPERATIVOS

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo de indicadores clave, tales como:

- Tiempo de espera promedio
- Desviación estándar de tiempos
- Tiempo total en el sistema
- Nivel de eficiencia

El seguimiento de estos indicadores permitirá detectar desviaciones y tomar acciones correctivas de manera oportuna.

5.1.5 OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS EXISTENTES

En lugar de incrementar recursos, se propone optimizar su utilización mediante:

- Mejora en la asignación de personal
- Reducción de los tiempos muertos
- Coordinación entre actividades

Esta estrategia es consistente con los resultados obtenidos, los cuales muestran que es posible mejorar la eficiencia sin modificar significativamente los tiempos de carga.

5.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A pesar de los resultados obtenidos, el presente estudio presenta ciertas limitaciones que deben de ser consideradas al interpretar los hallazgos.

5.2.1 SUPOSICIONES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

El modelo desarrollado se basa en ciertas suposiciones, tales como la independencia entre las variables y la representación de los tiempos mediante distribuciones específicas. Estas implicaciones pueden no capturar completamente la complejidad del sistema actual.

5.2.2 CONSIDERACIONES DE VARIABLES LIMITADAS

El análisis se centró principalmente en los tiempos de espera y de carga, sin incorporar otros factores que podrían influir en el desempeño del sistema, como:

- Disponibilidad de recursos
- Factores humanos

5.2.3 ESCENARIO DETERMINÍSTICO DE TIEMPO DE CARGA

En el escenario de mejora, el tiempo de carga fue considerado constante con el objetivo de aislar el efecto de los tiempos de espera. Si bien esto permitió un análisis más claro, no refleja completamente la variabilidad real del sistema.

5.2.4 ALCANCE DE LA SIMULACIÓN

El modelo de simulación representa un número finito de iteraciones, lo que implica que los resultados pueden variar ligeramente ante nuevas ejecuciones. Sin embargo, se considera que el tamaño de muestra utilizado es suficiente para garantizar la confiabilidad de los resultados.

5.3 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Se propone el uso de herramientas especializadas de simulación como FlexSim, para modelar el sistema mediante simulación de eventos discretos. A diferencia de Monte Carlo, esta metodología permite representar de manera más detallada la dinámica del sistema considerando:

- Interacciones entre entidades
- Secuencia de procesos
- Restricciones de capacidad
- Uso de recursos en tiempo real

En síntesis, el presente capítulo permitió proponer estrategias de mejora sustentadas en los resultados obtenidos mediante la simulación de monte Carlo, evidenciado que la variabilidad en los tiempos de llegada y servicio constituyen el principal factor que impacta negativamente el desempeño del sistema. Las propuestas planteadas, orientadas a la regulación de flujos, estandarización de procesos y optimización de los recursos, demuestran potencial de reducir los tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa; sin embargo, se reconocen limitaciones asociadas a la simplificación del modelo y a la falta de representación de la dinámica real del sistema. En este sentido, se sugiere como línea futura el uso de herramientas de simulación de eventos discretos como FlexSim, así como la integración de enfoques híbridos y datos en tiempo real, con el fin de lograr un análisis más robusto y una toma de decisiones más efectiva en entornos logísticos complejos. ““

BIBLIOGRAFÍA

- ABDIRAD, M. y K. KRISHNAN (2020), «Examining the impact of E-supply chain on internal and external logistics», *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, págs. 1–22.
- BALLOU, R. (2004), *Logística: administración de la cadena de suministro*, Pearson Educación, Mexico.
- BELVÁRDI, G., A. KIRÁLY, Z. GYOZSÁN y J. ABONYI (2012), «Monte Carlo simulation based performance analysis of supply chains», *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, págs. 1–15.
- DE KOSTER, R., T. LE-DUC y K. ROODBERGEN (2007), «Design and control of warehouse order picking: A literature review», *European Journal of Operational Research*, págs. 481–501.
- DE OLIVEIRA, U. R., P. R. PIMENTEL, R. GODINA, J. C. MATIAS y S. L. GARRIDO (2022), «Warehousing: An overview of the literature», 1–23.
- DELERIS, L. y F. ERHUN (2005), «Risk management in supply networks using Monte-Carlo simulation», en *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, págs. 1643–1647.
- GARCÍA-ARCA, J., J. C. PRADO-PRADO y A. J. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (2018), «Integración de KPIs para mejorar la eficiencia en el transporte por carretera», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, págs. 931–951.

- GOLDRATT, E. M. y J. COX (2004), *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, tercera edición, North River Press.
- GONZÁLEZ, P. y B. ADENSO (2021), «Stress among truck drivers: a systematic review», *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, págs. 127–140.
- GRIMM, B., M. LAMBERT y C. RAKURTY (2024), «Using Monte Carlo simulations and Little’s Law to improve process planning», en *Conference on Production Systems and Logistics*, págs. 799–805.
- GU, J., M. GOETSCHALCKX y L. MCGINNIS (2007), «Research on warehouse operation: a comprehensive review», *European Journal of Operational Research*, págs. 1–21.
- HA, C., H. B. JUN y C. OK (2018), «A mathematical definition and basic structures for supply chain reliability: A procurement capability perspective», *Computers & Industrial Engineering*, **120**, págs. 334–345.
- HENRIQUE, J., P. DA ROCHA y A. DE ASSIS (2005), «Monte Carlo simulation in logistics», *International Journal of Simulation Modelling*.
- ISIXSIGMA (), «Cycle time», Supply Chain Planning, URL <https://www.isixsigma.com/dictionary/cycle-time/>.
- KUO, Y. y W. CHANG (2018), «A truck appointment system model for receiving operations in cross-docking warehouses», *International Journal of Production Research*, págs. 6885–6901.
- LARCO, J., R. DE KOSTER, K. ROODBERGEN y J. DUL (2017), «Managing warehouse efficiency and worker discomfort through enhanced storage assignment decisions», *International Journal of Production Research*, págs. 1–16.
- LEMAY, S. A. (2017), *Transportation: A supply chain perspective*, 9^a edición, Cengage Learning.

- LOGISTICS, I. (2024), «Warehouse operations: Key processes for efficiency», Inbound Logistics, URL <https://www.inboundlogistics.com/warehouse-operations-key-processes>.
- M, C. (2016), *Logistics & Supply Chain Management*, Pearson, UK.
- MARSEGUERRA, M., E. ZIO, L. PODOFILLINI y D. W. COIT (2005), «Optimal design of reliable network systems in presence of uncertainty», *IEEE Transactions on Reliability*, **54**(2), págs. 243–253.
- MILLER, J. y K. ENGEMANN (2008), «Supply chain risk management using Monte Carlo simulation», en *Proceedings of the Northeast Business & Economics Association*.
- PLANNING, S. C. (), URL <https://supplychainplanning.ie/understanding-the-importance-of-cycle-time-to-supply-chain-performance-and-how-to-improve-it/>.
- RAJHANS, N. y B. AHUJA (2004), «Monte-Carlo simulation for enhancing production rate in a company using multiple models of product», *Journal of Institution of Engineers (India)*, págs. 27–34.
- ROMSDAL, A., M. K. THOMASSEN, H. C. DREYER y J. O. STRANDHAGEN (2011), «Fresh food supply chains: characteristics and supply chain requirements», en *Proceedings of the 18th International Annual EurOMA Conference*, Cambridge University, Cambridge, Reino Unido, págs. 1–8.
- ROUWENHORST, B., B. REUTER, V. STOCKRAHM, G. VAN HOUTUM, R. MANTEL y W. ZIJM (2000), «Warehouse design and control: framework and literature review», *European Journal of Operational Research*, págs. 515–533.
- RUSHTON, A., P. CROUCHER y P. BAKER (1989), *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, Kogan Page.
- RUSHTON, A. C. (2017), *The handbook of logistics and distribution management*, 6ª edición, Kogan Page.

- RYMARCZYK, T. y G. KŁOSOWSKI (2017), «Supply chain risk management by Monte Carlo method», *IAPGOS*, págs. 20–23.
- SCHMITT, A. y M. SINGH (2009), «Quantifying supply chain disruption risk using Monte Carlo and discrete-event simulation», en *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, págs. 1237–1248.
- SCOTT, M., M. P. y J. FARRIS (2003), «Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain», *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, págs. 141–159.
- SHAH, B. y V. KHANZODE (2017), «A comprehensive review of warehouse operational issues», *International Journal of Logistics Systems and Management*, págs. 346–378.
- SHORTLE, J. F., J. M. THOMPSON, D. GROSS y C. M. HARRIS (2018), *Fundamentals of queueing theory*, John Wiley & Sons.
- SOOKDEO, S. (2025), «Industrial Engineering: Principles of Work Measurement», .
- VAN DER LAAN, E., D. VAN DONK y J. VAN DER WERF (2016), «Improving inbound processes: Insights from a case study on lean receiving in warehouses», *International Journal of Operations & Production Management*, págs. 623–644.
- VARGAS, M., J. RODRIGUEZ y L. VELARDE (2023), «Técnicas de estudio de tiempos en procesos logísticos», *Revista de Ingeniería y Logística*.
- WOMACK, J. P. y D. T. JONES (2003), *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, Nueva York.
- YILDIZ, H., J. YOON, S. TALLURI y W. HO (2016), «Reliable supply chain network design», *Decision Sciences*, **47**(4), págs. 661–698.
- ZAMPARONI, E., J. C. CARVALHO, J. GONZÁLEZ-FELIU y G. F. OLIVEIRA (2023), «Understanding truck driver stress in Latin America: An exploratory study», *Research in Transportation Business & Management*, **48**.

ZHOU, S., Y. GONG y R. KOSTER (2016), «Designing self-storage warehouses with customer choice», *International Journal of Production Research*, págs. 3080–3104.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

GERMÁN RODRÍGUEZ BARROSO

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

MEJORA EN LOS TIEMPOS DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE EN
EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE GIRO
ALIMENTICIO.

Mi nombre es Germán Rodríguez Barroso. Nací en Monterrey, Nuevo León, y soy el menor de dos hermanos. Mis padres, Ana Lilia Barroso Aguiñaga y Germán Rodríguez Brizuela, son originarios del Estado de México. Por motivos laborales, mi padre se trasladó a Monterrey, y fue durante esa etapa cuando nací. Sin embargo, al cumplir aproximadamente un año de edad, nuestra familia regresó a la zona centro del país, donde crecí principalmente en el Estado de México.

Mi formación personal ha estado influida por el acompañamiento constante de mis padres y mi familia, así como por mi trayectoria académica. A partir de ello, he desarrollado una personalidad guiada por valores que considero fundamentales:

respeto, esfuerzo, honestidad y solidaridad. Estos principios han orientado mis decisiones tanto en el ámbito personal como en el profesional, y se han convertido en la base de mi manera de relacionarme, trabajar y asumir responsabilidades.

En el ámbito educativo, mi etapa estudiantil estuvo marcada principalmente por dos instituciones. La primera fue el Centro Escolar de Lago, donde cursé desde la educación primaria hasta el último año de preparatoria. Durante esos años viví mi adolescencia y formé vínculos personales significativos que conservo hasta la fecha, resultado de una convivencia continua y de los lazos contruidos a lo largo del tiempo.

Posteriormente, tuve la oportunidad de ingresar al Tecnológico de Monterrey, donde estudié la carrera de Ingeniería Mecánico Electricista. Este logro fue posible gracias al esfuerzo personal y al respaldo de mis padres, quienes me motivaron a buscar una formación orientada al conocimiento técnico, la ingeniería y su aplicación en la industria. Durante la carrera, procuré complementar mi aprendizaje académico con experiencia práctica, por lo que desde etapas tempranas busqué incorporarme a prácticas profesionales que me permitieran entender de manera directa el funcionamiento de las organizaciones.

En este proceso participé en distintas empresas, entre ellas HG Transportaciones, Schneider Electric y Ruhrpumpen. Estas experiencias fueron decisivas para el desarrollo de mi perfil profesional, ya que me permitieron identificar con mayor claridad el área en la que deseaba enfocar mi carrera. En HG Transportaciones colaboré inicialmente en el área de mantenimiento; sin embargo, al interactuar de manera cercana con equipos operativos y procesos logísticos, descubrí un interés particular por la operación y el funcionamiento de la logística de distribución. Esta etapa me permitió comprender la relevancia de la coordinación, la eficiencia y la toma de decisiones dentro de una cadena de transporte.

Durante aproximadamente dos años trabajé en HG Transportaciones. En ese periodo también consolidé mi relación con quien hoy es mi esposa, Marijose Fabiola Díaz de la Vega, cuyo apoyo fue clave para impulsarme a asumir nuevos retos. Como

parte de un proyecto de crecimiento personal y profesional, tomamos la decisión de que yo dejara mi empleo para viajar a Canadá durante seis meses, con el objetivo de estudiar y perfeccionar mi inglés.

Los primeros tres meses mi entonces pareja me acompañó y ambos estudiamos en Canadá. Posteriormente, ella regresó a México por motivos laborales, y yo continué el programa de manera individual. Esta experiencia representó un reto significativo, ya que implicó adaptarme a un entorno cultural distinto, fortalecer mi independencia y mantener la disciplina necesaria para concluir mi formación. Considero que esta etapa reforzó habilidades personales como la autonomía, la comunicación y la capacidad de adaptación.

En el último mes de mi estancia inicié la búsqueda de empleo para reincorporarme al mercado laboral en México. Tras postularme a diversas vacantes, la empresa Charger Logistics me brindó la oportunidad de integrarme a su equipo, lo que me permitió continuar desarrollándome dentro del sector del transporte. Al regresar, además de retomar mi vida profesional, decidí dar un paso importante en lo personal: le propuse matrimonio a Marijose, y tiempo después nos casamos, consolidando un proyecto de vida en el que el acompañamiento mutuo ha sido fundamental.

Esta nueva etapa también reafirmó mi interés por la logística y me impulsó a plantearme un objetivo de especialización. Con el propósito de fortalecer mis competencias profesionales y orientar mi crecimiento hacia un campo específico, decidí enfocarme en la logística y la cadena de suministro. Después de evaluar distintas opciones, asumí el reto de buscar una oportunidad en la Universidad Autónoma de Nuevo León, institución en la que identifiqué un entorno académico sólido para profundizar en conocimientos especializados, así como para establecer vínculos con profesores, investigadores y compañeros que enriquecieran mi formación a través del intercambio de experiencias.