



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Rediseño del Proceso de Despacho en una Empresa de  
Materiales Eléctricos y Servicios de Ingeniería para Proyectos  
Industriales”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA CADENA SUMINISTROS**

**Presentada por:**

**Joe Alexander Larena Avelino**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2025**

## **TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

---

**María Belén Segovia N. MSc.**  
PROFESOR DE MAESTRIA

---

**Carlos Suárez H. PhD.**  
TUTOR DE PROYECTO

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Yo Joe Alexander Larena Avelino acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 13 de diciembre del 2024.

---

Joe Alexander Larena Avelino

## RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto desarrolla un estudio para optimizar el proceso de asignación y carga de mercancía o productos en el área de despacho de un Centro de Distribución, perteneciente a una empresa especializada en la comercialización de equipos y materiales eléctricos de alta, media y baja tensión. La empresa, con cobertura nacional atiende desde sus oficinas en Guayaquil y Quito, representa a fabricantes reconocidos y distribuye más de 10.000 productos a través de múltiples canales, incluyendo entregas directas en almacén, envíos por Courier y despachos en camión completo.

Actualmente, la preparación de órdenes se gestiona a través de un sistema WMS. No obstante, luego que los pedidos están listos para el despacho, la asignación de los pedidos a camiones y la estimación de necesidades logísticas se realiza manualmente, generando errores frecuentes en la entrega, sobrecarga de vehículos y costos logísticos no previstos. La falta de automatización, sumada a limitaciones en el área de consolidación de carga ("playa de despacho"), ha derivado en desorganización, errores en la entrega y sobrepaso de los tiempos establecidos para despachos locales, los cuales deberían completarse en un plazo máximo de 36 horas. Según indicadores recientes, el 20% de los pedidos excede este tiempo establecido, y el 15% presenta deficiencias en cantidad o calidad al momento de la entrega.

Así mismo, Gerencia ha identificado fluctuaciones en los costos logísticos sin causa claramente determinada, lo que refuerza la necesidad de rediseñar el proceso. Se detectó que la Coordinación de Transporte opera bajo una política de planificación que no ha sido actualizada en los últimos siete años.

El objetivo central del estudio fue diseñar un proceso optimizado de despacho que incorpore herramientas de simulación y modelamiento matemático, y también optimizar la ubicación de los pedidos o "bultos" con un nuevo Layout basado en prioridad de rotación. Esto con el propósito de mejorar la planificación de carga, reducir errores en la asignación y optimizar tiempos de entrega.

Bajo una estructura metodológica definida, el proyecto contempló el análisis del proceso, la identificación de problemáticas clave y el diseño de soluciones. Este enfoque incluyó un diagnóstico del flujo actual mediante un diagrama de picking, packing y carga, así como una evaluación financiera del impacto operativo.

La aplicación y validación del modelo arrojó resultados positivos: el tiempo promedio de despacho se redujo en 16.7%, los errores de carga disminuyeron en 12.6% y el uso eficiente de la capacidad de camiones mejoró en un 10.4%. Además, las horas extras del personal operativo se redujeron en 12.8%.

Estos resultados respaldan las recomendaciones operativas propuestas y aportan evidencia para revisar las políticas de servicio actuales, especialmente en lo relacionado con los costos de transporte asumidos por la empresa. El estudio genera insumos clave para la toma de decisiones estratégicas en el área logística y de transporte.

Con los resultados obtenidos, profesionalmente se busca presentar a la Gerencia una propuesta sólida que respalde la adquisición de un sistema de gestión de pedidos (OMS) y un sistema de gestión de transporte (TMS) y lograr la automatización en todos los procesos operativos del Centro de Distribución.

# ÍNDICE

DECLARACIÓN EXPRESA .....	Pág. I
RESUMEN DEL PROYECTO .....	II
ÍNDICE .....	III

## CAPÍTULO 1

<b>1. ANTECEDENTES Y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Análisis de la Empresa .....	2
1.4. Descripción del Problema.....	3
1.5. Objetivo General.....	4
1.6. Objetivos Específicos .....	4
1.7. Cronograma de Trabajo .....	4

## CAPÍTULO 2

<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Recopilación de Datos .....	7
2.1.1. Fuentes de información .....	7
2.1.2. Tabla resumen de fuentes de información .....	15
2.1.3. Mecanismos de recopilación de datos.....	16
2.1.4. Evaluación y procesamiento de datos recopilados .....	16
2.2. Análisis y diagnóstico: .....	17
2.2.1. Identificación de causas principales del estudio .....	17
2.2.2. Consecuencias Identificadas.....	18
2.3. Diseño de Soluciones .....	18
2.3.1. Estudio mediante herramienta de simulación .....	18
2.3.1.1 Análisis ABC para categorización de productos.....	20
2.3.1.2 Modelo de simulación para el proceso actual .....	23
2.3.1.3 Modelo de simulación para el proceso propuesto .....	28
2.3.2. Modelo de Optimización .....	33
2.3.2.1 Componentes del modelo .....	33
2.3.2.2 Validación del modelo de optimización.....	36
2.3.3. Implementación de herramientas tecnológicas .....	37

<b>2.4.</b>	<b>Implementación y prueba piloto</b> .....	37
<b>2.4.1.</b>	<b>Alcance de la Prueba Piloto</b> .....	37
<b>2.4.2.</b>	<b>Plan de ejecución de la prueba piloto</b> .....	38
<b>2.5.</b>	<b>Evaluación y Medición</b> .....	39
<b>2.5.1.</b>	<b>Definición de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)</b> .....	39
<b>2.5.2.</b>	<b>Metodología de Evaluación</b> .....	39
<b>2.6.</b>	<b>Implementación</b> .....	40
<b>2.6.1.</b>	<b>Estrategia de Despliegue</b> .....	40
<b>2.6.2.</b>	<b>Mantenimiento y monitoreo continuo</b> .....	40

### **CAPÍTULO 3**

<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA Y RESULTADOS</b> .....	41
<b>3.1.</b>	<b>Aplicación de la Metodología</b> .....	42
<b>3.1.1.</b>	<b>Validación de los datos obtenidos de las pruebas piloto</b> .....	48
<b>3.1.2.</b>	<b>Análisis de la simulación del Modelo en FlexSim</b> .....	51
<b>3.1.3.</b>	<b>Resultados del desarrollo del modelo matemático en GAMS</b> .....	55
<b>3.2.</b>	<b>Resultados obtenidos y Comparación Antes vs. Después</b> .....	58
<b>3.2.1.</b>	<b>Análisis de Sensibilidad</b> .....	60
<b>3.3.</b>	<b>Barreras y factores de éxito en la implementación</b> .....	61

### **CAPÍTULO 4**

<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	62
<b>4.1.</b>	<b>Conclusiones generales</b> .....	62
<b>4.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	63

Bibliografía

ANEXOS

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES Y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.

Este capítulo describe el entorno operativo de la empresa, detallando las actividades logísticas que motivan la necesidad de rediseñar el proceso de despacho. Se pone énfasis en la identificación de los principales síntomas y en la formulación de los objetivos específicos que permitan buscar la solución en este proyecto.

### 1.1. Descripción de la empresa

Desde su fundación en 1972, la organización se ha especializado en la comercialización de equipos y materiales eléctricos para alta, media y baja tensión, así como en soluciones de domótica e iluminación, certificados como “Líderes en innovación del sector energético en el país”.

Actualmente, la empresa maneja 26 categorías de productos de distintas líneas, adaptadas a la demanda del mercado, Mediante su asesoría técnica, proporciona soluciones eficientes que no solo responden a las necesidades actuales, sino que también anticipan las tendencias del sector.

### 1.2. Antecedentes

La empresa objeto de estudio se especializa en la comercialización de equipos y materiales eléctricos, se enfoca en atender los sectores comercial, residencial e industrial con un impacto importante en proyectos que se ejecutan a nivel local, regional o nacional. Para la gestión logística se utilizan diferentes tipos de transporte como camiones propios o externos; así mismo se atienden pedidos de volúmenes grandes y pequeños, por lo tanto, las entregas se planifican para enviarlas en camiones completos, mientras que los pedidos pequeños se elaboran paquetes y se despachan a través de Courier. En esta dinámica surgen una serie de incidencias que son objeto de estudio.

El presente proyecto aborda una problemática operativa en el proceso de despacho de un centro de distribución, que atiende a diferentes clientes a través de diferentes canales de transporte. En la cual se han detectado oportunidades de mejora en el proceso indicado, tanto en la forma de asignar pedidos a camiones como la forma de almacenar la mercadería preparada y la carga a los camiones.

Un aspecto clave analizado con la coordinación de transportes es el tiempo que toma la asignación y carga de camiones. Estas oportunidades de mejora conducen a revisar y replantear el proceso de despacho dentro del centro de distribución, considerando que actualmente no existe sistema automático ni un ERP que ayude al personal encargado a realizar la tarea de forma ágil, eficiente y sin errores.

### 1.3. Análisis de la Empresa

Hace siete años, se estableció una tabla con valores mínimos de ventas por destino (ciudad) para los despachos provinciales, con el fin de justificar los viajes de entrega a los clientes. Además, determinó que el costo de transporte asumido no puede superar el 3% del valor de la venta. Con base en estas condiciones, se define la viabilidad de ofrecer o no el servicio de transporte a un cliente.

Durante los últimos 2 años, la Gerencia financiera revisa mensualmente los indicadores del área de bodega y logística, donde se analiza las novedades o sus desviaciones. El principal es el gasto logístico el cual refleja ciertos meses con valores por sobre el promedio establecido del 1% y se estima que se generan por las ineficiencias en el proceso de despacho.

Otro indicador es el % OTIF (On Time In Full), donde se reflejan órdenes no preparadas en el tiempo estimado o que no fueron entregadas a tiempo; generando novedades y reprocesos que traen retrasos y las mismas se traducen en costos adicionales y malestar de los clientes por no llegar a tiempo o que su despacho les llegó incompleto.

Además de la revisión de la política de servicio de atención al cliente, se debe evaluar la posibilidad de disminuir los tiempos de atención, y como resultado definir si la empresa debe seguir asumiendo costos logísticos sin cobrar nada al cliente. O en su defecto sincerar si la gestión es demasiada costosa y definir la forma de cobro del servicio.

**Tabla 1**  
**Política de Atención**

Tipo de Transporte Ventas / Logística	SO Liberada Ventas	Promesa de Servicio Logística
Envío por Courier	Hasta 14:30 pm	24 a 48 Horas *
Otros Courier establecidos - requeridos por el cliente	Hasta 13:00 pm	Tiempos de entrega de acuerdo a cobertura del Courier*
Entrega Planificada Local	Hasta 16:00 pm	Entrega siguiente día
Entrega Planificada Provincial	Hasta 15:00 pm	1 día Hábil *
Retira Cliente 043	Hasta 12:00 pm	Siguiente día hábil hasta 10:00 am
Retira Cliente 043	Después 12:00 pm	Siguiente día hábil hasta las 15:00 pm
Retira Cliente entrega inmediata (Máximo 3 cortes de cable - Hasta 15 ítems por orden o cliente)	Hasta 16:30, después se confirma tiempo entrega	Se inicia preparación al momento, bodega estima tiempo de entrega

Fuente: Política despacho empresa, (2025)

Esta tabla muestra la Política de Atención a los clientes, en sus diversos canales de atención y con los tiempos establecidos para cada canal, tanto para su preparación como el despacho a los clientes.

## 1.4. Descripción del Problema

El proceso de despacho inicia con todas las órdenes o pedidos liberados por el área de cobranzas. Un equipo de personas (picking) prepara los pedidos y los traslada en una zona de revisión previa al empaque. Posteriormente, el equipo (packing) verifica las cantidades y el estado de los materiales para proceder a empacar o embalar en presentaciones apropiadas para su distribución. Estas 2 fases se gestionan a través de un ERP.

La problemática principal radica en la ausencia de un proceso automatizado, para la asignación de los materiales preparados (pedidos) a camiones en los diferentes canales que se atiende desde el centro de distribución. Actualmente, la coordinación de transporte realiza todo este proceso asignando manualmente los camiones, donde, previamente verifica si el monto de la venta y los costos de transporte (destino) se ajustan a la política establecida (3% sobre la venta) para decidir si se brinda o no, el servicio de transporte en un despacho provincial.

A continuación, se detallan los síntomas:

**Retrasos en la carga de los camiones**, pero específicamente durante las noches, donde se genera un incremento aproximado del 10% en las horas extras del personal.

**Fluctuaciones de costos logísticos no justificadas** se traducen en un incremento anual promedio del 8% en los gastos operativos.

**Un 12% de las entregas exceden las 36 horas programadas**, afectando la programación de las rutas de distribución y la satisfacción del cliente.

**Alrededor del 7% de los pedidos presentan deficiencias en cantidad y calidad**, lo que resulta un aumento en promedio del 10% en reclamos y devoluciones.

La situación actual refleja deficiencias significativas que impactan los costos, tiempos y calidad del servicio generando los siguientes efectos adversos:

1. La ineficiencia en la asignación de transporte y los errores por la gestión manual incrementan los costos operativos.
2. Los retrasos y errores en los pedidos afectan significativamente la experiencia del cliente.

El incremento en costos logísticos, combinado con los errores causados por la gestión manual reduce los márgenes de ganancia y la competitividad en el mercado.

## 1.5. Objetivo General

El propósito es presentar una declaración que permita englobar el propósito principal de la investigación, además que tenga una estructura clara y bien definida para que sea medible, alcanzable y específica; por lo tanto, se expresa el objetivo general.

***"Optimizar el proceso de despacho en la empresa, mediante el uso de herramientas de simulación y modelos matemáticos, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos de carga y minimizar costos logísticos."***

## 1.6. Objetivos Específicos

Se procede a describir los pasos concretos para alcanzar el objetivo general, los cuales permitan desglosar las acciones clave del proyecto; y después de revisar la problemática principal se detallan los 5 objetivos específicos:

1. **Identificar** las deficiencias del proceso actual de despacho, mediante el análisis de tiempos, errores en la asignación de carga y costos logísticos.
2. **Desarrollar** un modelo de simulación, para evaluar y optimizar el proceso de empaque y despacho de bultos, considerando su prioridad de rotación y frecuencia de pedido.
3. **Diseñar** un modelo matemático, para optimizar la asignación de carga en camiones considerando restricciones de peso, volumen y destino.
4. **Implementar** un piloto para validar la optimización en la asignación de carga en camiones y el proceso de despacho.
5. **Analizar** el impacto de la optimización en costos, tiempos y eficiencia operativa, comparando indicadores claves antes y después de la implementación

## 1.7. Cronograma de Trabajo

El cronograma es una herramienta utilizada para la planificación, el control y la gestión de proyectos. Este recurso establece los tiempos ideales esperados para la realización de cada tarea, evitando demoras y favoreciendo que las actividades se ejecuten con la consistencia necesaria.

A continuación, presento el cronograma establecido para este proyecto de estudio.

**Tabla 2**  
**Actividades del proyecto**

Fase del Proyecto	Subactividades Clave	Fecha Inicio	Fecha Fin	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Introducción y Selección del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación de problemas en el entorno de trabajo.</li> <li>- Evaluación de posibles proyectos con el tutor.</li> <li>- Definición del problema de investigación.</li> <li>- Planteamiento del objetivo general y específicos.</li> <li>- Revisión de antecedentes y estudios previos.</li> </ul>	2-dic	13-dic	2-dic												
				9-dic	16-dic	23-dic	30-dic	6-ene	13-ene	20-ene	27-ene	3-feb	10-feb	17-feb	24-feb	3-mar
Análisis y Diagnóstico del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilación de datos en ERP Odoo.</li> <li>- Observación y entrevistas con operarios.</li> <li>- Identificación de problemas clave.</li> <li>- Análisis estadístico de la información.</li> <li>- Evaluación de KPIs iniciales del proceso.</li> </ul>	16-dic	25-ene													
Diseño del Modelo Matemático y Soluciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimización del layout (FlexSim).</li> <li>- Desarrollo del modelo matemático en Solver/GAMS.</li> <li>- Definición de restricciones y variables.</li> <li>- Simulación de escenarios y validación de resultados.</li> <li>- Ajustes y refinamiento del modelo.</li> </ul>	27-ene	7-feb													
Implementación y Prueba Piloto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación del modelo en un entorno controlado.</li> <li>- Evaluación de desempeño en la asignación de carga.</li> <li>- Medición de tiempos y errores en el despacho.</li> <li>- Comparación de resultados con el proceso actual.</li> </ul>	10-feb	26-feb													
Evaluación y Análisis de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de KPIs antes y después del modelo.</li> <li>- Identificación de mejoras operativas.</li> <li>- Comparación de costos logísticos optimizados.</li> <li>- Interpretación de datos y generación de reportes.</li> </ul>	27-feb	5-mar													
Conclusiones, Recomendaciones y Presentación Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de conclusiones del proyecto.</li> <li>- Desarrollo de recomendaciones para la empresa.</li> <li>- Preparación del documento final.</li> </ul>	5-mar	7-mar													

Fuente: Larena, (2025)

Esta tabla muestra las fases y actividades principales en este proyecto, incluye las fechas de inicio y fin de cada una, y también las fechas de sustentación o presentación. El mismo que inicia 02 diciembre 2024 y finaliza 07 marzo 2025.

## CAPÍTULO 2

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo, se describe detalladamente la metodología seleccionada para abordar el problema descrito en el capítulo anterior, con el propósito de garantizar un enfoque que permita obtener resultados claros y confiables, orientados en mejorar las novedades reportadas y que la gerencia pueda tomar decisiones estratégicas para el Área.

Como inicio de este Capítulo se presenta un Diagrama de Flujo del proyecto:



**Figura 2.1 Diagrama del Flujo de Metodología.**

Fuente: Larena, (2025)

Este diagrama representa las 6 fases de la Metodología para este Capítulo, y en el orden que serán desarrolladas.

## 2.1. Recopilación de Datos

Según Hernández (2014), “Recolectar los datos para una investigación implica diseñar una técnica elaborada de procedimientos que encaminen a reunir datos con un propósito específico”. Esta técnica determina una gran variedad de instrumentos necesarios. es posible utilizar tanto métodos cuantitativos como cualitativos, por lo que quiere decir que en un solo estudio se pueden complementar para ofrecer una visión más completa del problema.

La recopilación de datos es una fase crítica dentro del proceso metodológico, ya que permite sustentar la toma de decisiones basada en información real y cuantificable. Para garantizar la precisión y validez del análisis, se utilizarán diversas fuentes de información y mecanismos de recopilación, con el fin de obtener una visión integral del estado actual del proceso de despacho.

La metodología para este estudio abarca un enfoque mixto para obtener una resolución completa del problema, basado en modelo matemático y simulación, con observaciones directas del proceso actual y propuesto; también se ha incluido entrevistas al personal logístico y clientes para obtener una retroalimentación de las partes interesadas del proceso.

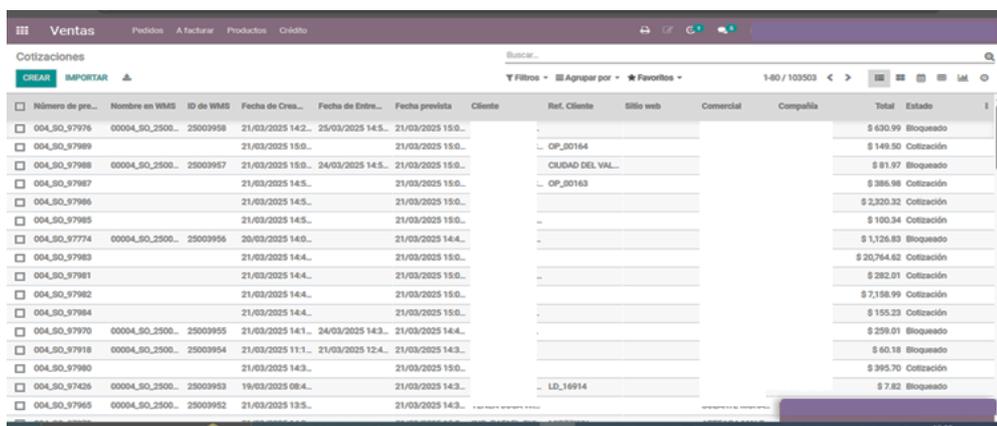
### 2.1.1. Fuentes de información

El análisis del proceso de despacho se realiza mediante la combinación de diversas fuentes de información, con la finalidad de identificar ineficiencias y oportunidades de mejora. Las fuentes seleccionadas incluyen:

#### 1. ERP (Odo):

De acuerdo con lo dicho por Pico (2023) “La gestión de inventarios en Odo es eficiente por lo que permite mejorar la ejecución de las actividades dentro del entorno logístico y mejorar la planificación del aprovisionamiento, optimizar los tiempos de entrega asegurando una cadena de suministro eficiente.”

A partir de este sistema, se extraerán reportes detallados sobre los tiempos de carga, cantidad de pedidos despachados, errores en la asignación de carga y costos logísticos asociados.



Número de pre...	Nombre en WMS	ID de WMS	Fecha de Crea...	Fecha de Entre...	Fecha prevista	Cliente	Ref. Cliente	Sitio web	Comercial	Compañía	Total	Estado
004_S0_97976	00004_S0_2500...	25003958	21/03/2025 14:2...	25/03/2025 14:5...	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 630.99	Bloqueado
004_S0_97989	00004_S0_2500...	25003959	21/03/2025 15:0...	-	21/03/2025 15:0...	-	OP_00164	-	-	-	\$ 149.50	Cotización
004_S0_97988	00004_S0_2500...	25003957	21/03/2025 15:0...	24/03/2025 14:5...	21/03/2025 15:0...	-	Ciudad del Val...	-	-	-	\$ 81.97	Bloqueado
004_S0_97987	00004_S0_2500...	25003956	21/03/2025 14:5...	-	21/03/2025 15:0...	-	OP_00163	-	-	-	\$ 386.98	Cotización
004_S0_97985	00004_S0_2500...	25003955	21/03/2025 14:5...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 2,320.32	Cotización
004_S0_97985	00004_S0_2500...	25003954	21/03/2025 14:5...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 100.34	Cotización
004_S0_97774	00004_S0_2500...	25003956	20/03/2025 14:0...	-	21/03/2025 14:4...	-	-	-	-	-	\$ 1,125.83	Bloqueado
004_S0_97983	00004_S0_2500...	25003953	21/03/2025 14:4...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 20,764.62	Cotización
004_S0_97981	00004_S0_2500...	25003952	21/03/2025 14:4...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 282.01	Cotización
004_S0_97982	00004_S0_2500...	25003951	21/03/2025 14:4...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 7,158.99	Cotización
004_S0_97984	00004_S0_2500...	25003950	21/03/2025 14:4...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 155.23	Cotización
004_S0_97970	00004_S0_2500...	25003955	21/03/2025 14:1...	24/03/2025 14:3...	21/03/2025 14:4...	-	-	-	-	-	\$ 259.01	Bloqueado
004_S0_97918	00004_S0_2500...	25003954	21/03/2025 11:1...	21/03/2025 12:4...	21/03/2025 14:3...	-	-	-	-	-	\$ 60.18	Bloqueado
004_S0_97980	00004_S0_2500...	25003953	21/03/2025 14:3...	-	21/03/2025 15:0...	-	-	-	-	-	\$ 395.70	Cotización
004_S0_97426	00004_S0_2500...	25003953	19/03/2025 08:4...	-	21/03/2025 14:3...	-	LD_16914	-	-	-	\$ 7.82	Bloqueado
004_S0_97965	00004_S0_2500...	25003952	21/03/2025 13:5...	-	21/03/2025 14:3...	-	-	-	-	-	\$ 7.82	Bloqueado

Figura 2.2 Sistema Odo ERP usado para la gestión logística de la empresa.  
Fuente: Larena, (2025)

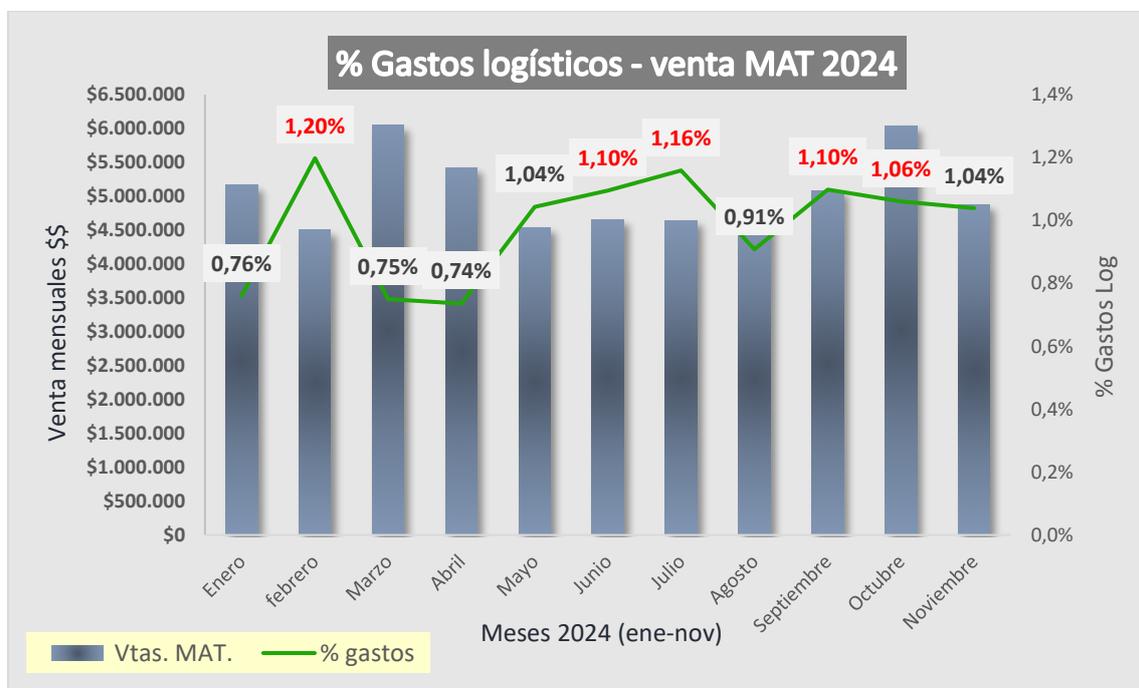
## 2. Antecedentes de Indicadores

Para reforzar la descripción de la problemática presentada. A continuación, se presenta con detalles los indicadores que se revisan mensualmente con la Gerencia financiera y que los mismos han evidenciados novedades

### a) % Gastos Logísticos

Se muestra información de los indicadores logísticos más importantes usados en los procesos de bodega. Es importante mencionar que se cubre costos, cumplimientos de órdenes, entre otras. Dentro de los procesos de bodega, una de las políticas de la empresa considera el impacto del gasto sobre la venta total el cual detalla que el gasto logístico no puede sobrepasar el 1%.

$$\% \text{ Gastos logísticos} = \frac{\text{Gastos totales del mes}}{\text{Ventas totales del mes}} \times 100$$



**Figura 2.3 % Gastos logísticos vs ventas 2024.**

Fuente: Indicadores Gerencia Financiera.

Esta ilustración muestra el % de gastos logísticos, donde se detalla las ventas y gastos operativos generados mensualmente. Se observa que el indicador promedio el 1% de impacto sobre mis ventas totales.

## b) Indicador % OTIF comercial

A continuación, se muestra el indicador aplicado al nivel de satisfacción del cliente sobre la calidad de sus pedidos entregados a tiempo y dentro del plazo establecido. Se lo mide de la siguiente manera.

$$\% OTIF = \frac{\text{Entregas cumplidas a tiempo y en su totalidad}}{\text{Total de entregas realizadas}} \times 100$$



**Figura 2.4 Indicador % OTIF Comercial.**

Fuente: Indicadores Gerencia Financiera.

Esta ilustración muestra el Indicador % OTIF, que detalla el porcentaje de órdenes que no pudieron atenderse completas y a tiempo. La misma refleja novedades todos los meses con promedio 5.7% sobre 1500 cantidad de órdenes y es uno de los indicadores que se desea mejorar.

## c) Horas Extras de Bodega

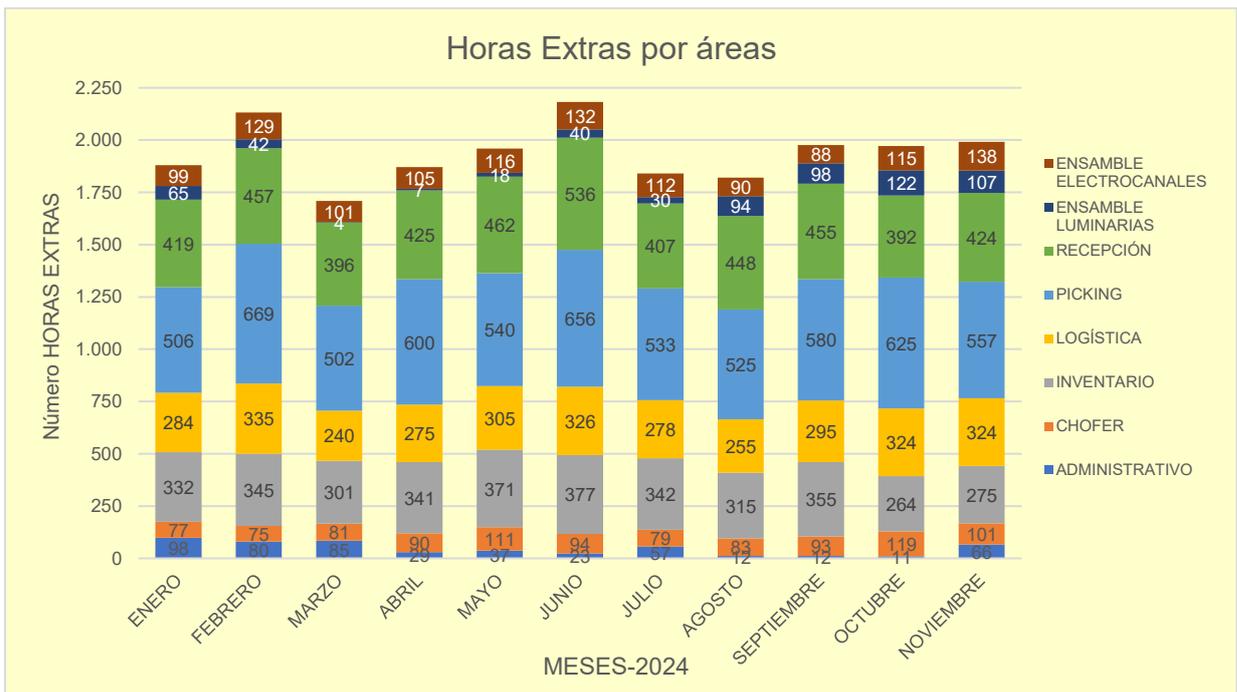
Uno de los recursos más importantes para ejecutar las actividades operativas y logística, es el **recurso humano**. Por lo tanto, es indispensable medir el impacto de su aporte cuando las actividades operativas no se finalizan en la jornada normal de trabajo y se debe extender para finalizarlas generando horas extras



**Figura 2.5 Horas Extras General.**

Fuente: Indicadores Gerencia Financiera.

En la figura 2.5, muestra las horas extras generadas en el Centro de distribución, detalla la información general de todas las áreas de Bodega.



**Figura 2.6 Horas extras por áreas internas.**

Fuente: Indicadores Gerencia Financiera.

La Figura 2.6. muestra las horas extras generadas en el Centro de distribución, y se detallan por cada área interna. Las áreas de recepción y picking son por necesidad los procesos que más acumulan horas extras en despachos. La empresa muestra un promedio de las horas extras durante el último año.



**Figura 2.7 Horas gestión de despachos.**

Fuente: Indicadores Gerencia Financiera.

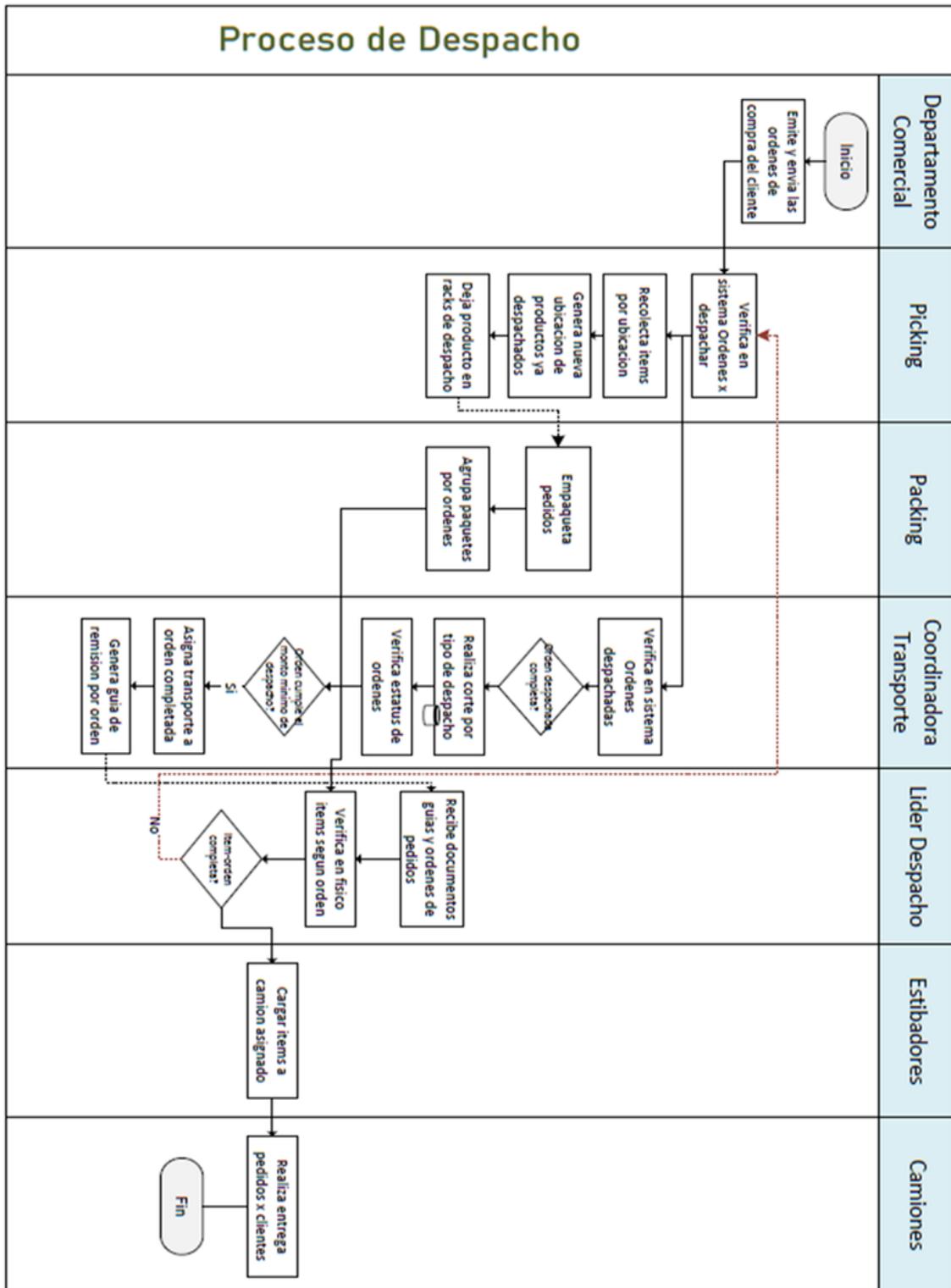
La Figura 2.7, muestra las horas extras generadas específicamente en la gestión de despachos, entre logística y choferes. En el cual se visualiza incrementos en los mismos meses que subió el indicador de gastos logísticos.

### 3. Observación directa del proceso de despacho

Para complementar los datos numéricos obtenidos del ERP, se llevará a cabo un monitoreo en tiempo real de las actividades de preparación y carga de mercancía. A través de esta observación, se registrarán los tiempos de operación, errores en la asignación de carga y factores que impactan la eficiencia del proceso.

### 4. Flujo proceso de despacho

Se presenta el flujo actual de procedimientos en el área de bodega. El equipo logístico tuvo una serie de entrevistas con la finalidad de recabar la mayor cantidad de información posible.



**Figura 2.8 Flujo del proceso de despacho.**

Fuente: Larena, (2025)

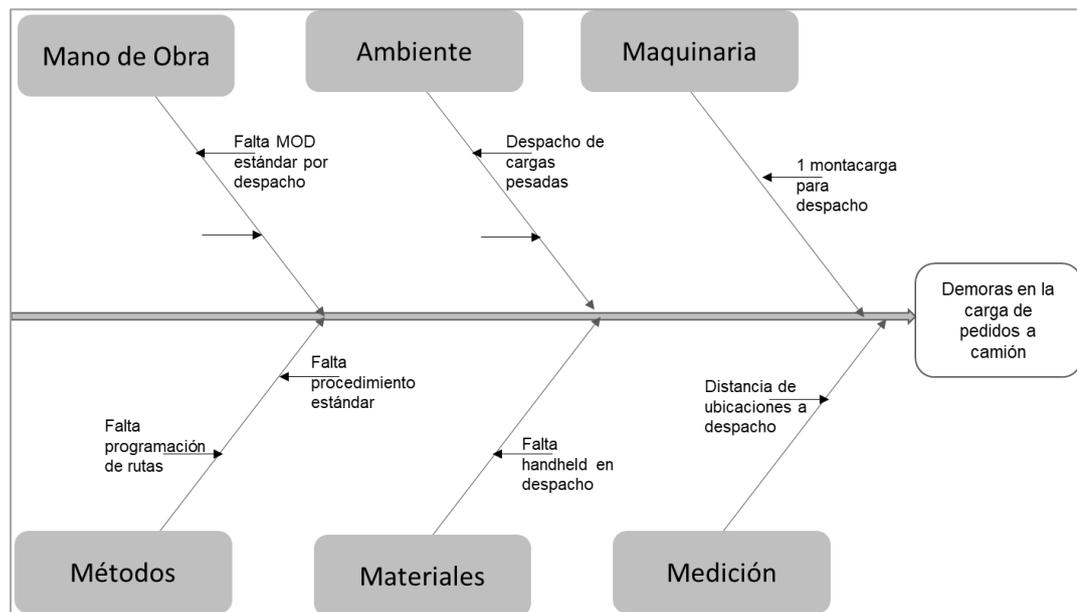
La Figura 2.8, muestra de inicio a fin como se procesa una orden de venta (pedido). Para el presente estudio se centra en la asignación manual de pedidos a camiones, que lo realiza la coordinación de transporte apoyada en el reporte que genera del ERP.

Para la generación de este diagrama se entrevistó a todo el personal involucrado.

## 5. Entrevistas y encuestas a personal logístico

Según lo dicho por Denzin y Lincoln (2005) “La entrevista es una conversación, es el arte de realizar preguntas y escuchar respuestas”. Utilizada como técnica para la recolección de datos, fuertemente vinculada a la perspectiva del actor a través de entrevistas detalladas y observación lo que facilita un análisis más profundo en contexto al caso de estudio.

Se recopilará información cualitativa sobre dificultades operativas, tiempos de ejecución y percepción del equipo sobre el nuevo proceso, permitiendo evaluar la viabilidad de los cambios propuestos. Se aplicarán cuestionarios estructurados a operarios, supervisores y personal administrativo, con el fin de captar diferentes perspectivas del proceso. Luego de las entrevistas con las personas claves se obtuvo que una de las principales causas de las demoras en la asignación de camiones son las siguientes.



**Figura 2.9 Diagrama Causa-Efecto.**

Fuente: Larena, (2025)

Entre cada uno de los factores se tiene las principales causas. En la categoría métodos las causas son la falta procedimientos estándar. Para generar una solución es la optimización de asignación de productos. Por lo cual es necesario diseñar un modelo de optimización.

## 6. Planificación de asignación de transporte

La asignación del transporte se la realiza en base al parámetro mínimo del valor de venta, es decir se agrupa las órdenes y cuando el monto cumple el mínimo entonces el transporte es asignado e inicia la logística de transporte. Actualmente la planificación de transporte se la realiza de acuerdo como se muestra en la figura 2.10, donde se descarga la información del sistema ERP Odoo y se agrupa por provincia. De acuerdo con la suma del importe se establece manualmente si es viable asignar un camión. Cuando cumple con el parámetro mínimo de asignación es cuando se asigna un camión adecuado a la carga asignada.

Etiquetas de fila		Suma de Importe extendido
EL ORO (EC)	\$	12,000.49
MACHALA	\$	12,000.49
	\$	7,694.22
004_SO_81621	\$	6,151.22
004 SO 81733	\$	1,543.00
.	\$	4,306.27
004_SO_81759	\$	4,306.27
GUAYAS (EC)	\$	20,869.69
DURAN	\$	2,966.57
SYM REDES MT CENTR LOG	\$	2,966.57
SRO/19667	\$	873.88
SRO/19698	\$	2,092.68
MILAGRO	\$	17,903.13
	\$	15,115.00
004_SO_79243	\$	15,115.00
SYM CENTRO DE DC	\$	15.05
SRO/18615	\$	9.03
SRO/19598	\$	6.01
.	\$	1,827.08
SRO/19108	\$	880.50
SRO/19109	\$	737.19
SRO/19111	\$	49.68
SRO/19113	\$	159.71
ACERIA	\$	946.00
004_SO_81612	\$	946.00
LOS RIOS (EC)	\$	6,090.00
BABAHOYO	\$	6,090.00
	\$	6,090.00
004_SO_81550	\$	6,090.00
<b>Total general</b>	\$	<b>38,960.18</b>

**Figura 2.10 Planificación de Transporte.**

Fuente: Larena, (2025)

En la gráfica se tiene que las provincias cumplen con el mínimo de tarifas para ser despachadas y no sobrepasan las tarifas máximo 3% establecidas que son \$348, \$260 y \$245 respectivamente.

## 7. Dispositivos de captura de datos (Handheld)

Se analizarán los registros generados por los dispositivos en tiempo real para evaluar la efectividad de la automatización en el conteo y verificación de carga. Estos dispositivos permiten una trazabilidad más precisa y la reducción de errores humanos en la asignación de carga a camiones.

## 8. Software de simulación y optimización

“Una simulación es una interpretación de un sistema real a lo largo del tiempo”. Banks et al., (2005).

Mora (2009) “El Sistema de Modelado Algebraico General, permite modelar y analizar problemas complejos de optimización y programación matemática”.

Se utilizaron herramientas avanzadas de simulación y modelado matemático para evaluar distintos escenarios antes de la implementación real. FlexSim permitió visualizar el flujo del despacho y realizar ajustes en la distribución de carga, mientras que GAMS ayudó a optimizar la asignación de pedidos a camiones con base en restricciones de volumen.

### 2.1.2. Tabla resumen de fuentes de información

Para estructurar mejor la información recopilada, se presenta la siguiente tabla con las fuentes utilizadas y su propósito dentro del análisis.

Como indica es un resumen estructurado del punto anterior para comprender mejor, la forma de recopilar datos.

**Tabla 3**  
**Fuentes de información utilizadas para recopilación de datos.**

Fuente de información	Datos extraídos	Meta
<b>Sistema ERP-Odoo</b>	-Tiempos de despacho -Costos logísticos -Capacidad de carga - Número de pedidos procesados	Evaluar la eficiencia actual del proceso de despacho y detectar puntos de mejora
<b>Observación directa</b>	- Registro de tiempos y errores - Tiempos muertos - Manipulación de productos	Identificar ineficiencias en el flujo de trabajo y posibles oportunidades de optimización
<b>Entrevistas al personal</b>	- Problemas operativos - Percepción del proceso actual - Dificultades en la ejecución de tareas	Obtener información cualitativa sobre los desafíos logísticos y conocer propuestas de mejora
<b>Encuestas a operarios</b>	Registro de tiempos y errores en la verificación de carga	Incorporar el conocimiento del personal de despacho en la optimización del modelo
<b>Herramienta Handheld</b>	- Comparación de tiempos de despacho antes/después - Tasas de error en la asignación de carga - Costos de distribución	Medir el impacto de la optimización e identificar tendencias
<b>Software de Simulación y Optimización</b>	- Datos sobre optimización de carga - Tiempos simulados y costos estimados	Evaluar la viabilidad del modelo de optimización y su impacto esperado en la operación

Fuente: Larena, (2025)

Con esta recopilación de datos, se obtiene un panorama completo del estado actual del proceso de despacho, lo que permite fundamentar las soluciones planteadas en las siguientes fases del proyecto.

### 2.1.3. Mecanismos de recopilación de datos

Para garantizar la integridad de los datos recopilados, se implementan mecanismos de recolección estructurados, asegurando que la información sea precisa y representativa. Aplicando un enfoque mixto que combine datos cuantitativos extraídos del ERP con observaciones cualitativas del personal operativo.

#### Frecuencia de recolección de datos:

- **Diaria:** Registro de tiempos de carga y número de errores detectados en la asignación de pedidos.
- **Semanal:** Evaluación de costos logísticos y análisis comparativo con la metodología anterior.
- **Al finalizar la prueba piloto:** Revisión de tendencias operativas, identificación de cuellos de botella y análisis de eficiencia con base en los resultados obtenidos.

#### Responsables de la recopilación y análisis:

- **Supervisores de despacho:** Validarán la correcta ejecución de la carga con handheld y recopilarán incidencias en tiempo real.
- **Equipo de analistas logísticos:** Encargados de consolidar la información del ERP y evaluar los KPIs definidos, generando reportes de análisis comparativo.
- **Operarios logísticos:** Registrarían observaciones en formatos digitales sobre la facilidad de uso del nuevo proceso y los inconvenientes detectados en la operación.

### 2.1.4. Evaluación y procesamiento de datos recopilados

Los datos obtenidos serán procesados y comparados con valores históricos para evaluar la efectividad de las soluciones implementadas. Aplicando métodos de análisis cuantitativo y cualitativo para interpretar los resultados:

- **Comparación de KPIs antes y después de la implementación:** Se analizarán indicadores como tiempo promedio de despacho, tasa de errores en asignación de carga, utilización del espacio en camiones y costos logísticos.
- **Identificación de tendencias operativas:** Evaluación del comportamiento del proceso en función de la demanda y variabilidad de pedidos.
- **Análisis de impacto de las herramientas tecnológicas:** Se medirá la reducción de tiempos gracias a la digitalización y automatización del proceso de despacho.
- **Validación de los resultados de la simulación y optimización:** Comparación de la simulación con los datos reales obtenidos en la prueba piloto para medir la precisión del modelo de simulación y optimización.

Con este enfoque integral, la recopilación y análisis de datos proporcionarán información sólida para la toma de decisiones, asegurando que las mejoras implementadas en el proceso de despacho sean efectivas y sostenibles en el tiempo.

## 2.2. Análisis y diagnóstico:

Para evaluar la problemática identificada en el capítulo anterior, se prevé realizar un análisis del proceso de despacho en el Centro de distribución. Utilizando un enfoque mixto que combinó observaciones directas, entrevistas con el personal logístico y análisis de datos históricos extraídos del **ERP Odoo**.

A partir de la información recopilada, se identificarán el origen de los principales problemas que afectan la eficiencia del despacho. Este análisis es crucial para justificar las mejoras propuestas y validar la viabilidad de los cambios antes de su implementación.

### 2.2.1. Identificación de causas principales del estudio

En esta etapa la tarea es identificar claramente el origen de los problemas detallados en el capítulo anterior.

El análisis previo reveló que el proceso actual de asignación de carga y despacho en camiones presenta una serie de novedades operativas, que afectan tanto la eficiencia operativa como la rentabilidad de la empresa. Estas deficiencias provocan retrasos en la entrega, generando un uso ineficiente de los recursos logísticos y costos adicionales derivados de la falta de optimización en la asignación de la carga.

Mediante el análisis de los datos recopilados, se confirmó que estos problemas son críticos en el proceso de despacho y se explican con más detalle:

- **Asignación manual de carga:** La ausencia de un sistema automatizado para la genera ineficiencias asignación de pedidos a camiones y en la distribución de la mercancía dentro de los camiones, lo que ocasiona tiempos de espera prolongados y una utilización ineficiente del espacio. En ocasiones se necesita hacer una replanificación de la tarea como cambiar las unidades previamente escogidas.
- **Conteo manual de productos:** Actualmente los operarios verifican manualmente cada unidad antes de cargar en los camiones, lo que incrementa el tiempo de preparación y aumenta la posibilidad de errores. A pesar de que los procesos anteriores de picking y packing hacen verificaciones del material recogido de las perchas, por una tercera ocasión el líder de despachos ejecuta la revisión del material con guía en mano.
- **Uso ineficiente de la capacidad de los camiones:** No existe un método estandarizado para optimizar la distribución del peso y volumen de la carga dentro de cada unidad de transporte.
- **Desviaciones en costos logísticos:** En ciertos meses se reflejaron incrementos en los gastos de transporte sin justificación clara, lo que afecta la rentabilidad de la operación. Los mismos que la gerencia ha insinuado que se debe a posiblemente el proceso de asignación de transporte no es óptimo.
- **Falta de herramientas tecnológicas:** La ausencia de dispositivos como handheld y escáner de códigos de barras limita la automatización y trazabilidad del proceso de despacho.

- **Falta de un modelo de optimización en la asignación de carga:** No se cuenta con un algoritmo que permita minimizar costos operativos y maximizar la eficiencia en la distribución de pedidos a camiones.

Estos problemas impactan directamente en la eficiencia del proceso de despacho, elevando los costos operativos y afectando la experiencia del cliente.

### 2.2.2. Consecuencias Identificadas

Cada una de las causas mencionadas tiene un impacto directo en los costos, tiempos y nivel de servicio al cliente:

- **Costos adicionales:** La ineficiencia en la asignación de carga genera costos adicionales en transporte y manipulación de mercancía.
- **Retrasos en las entregas:** La falta de optimización en el proceso de carga incrementa los tiempos de despacho y afecta los tiempos de entrega comprometidos con los clientes.
- **Mayor carga operativa en el personal:** La ausencia de automatización genera una carga de trabajo innecesaria en los operarios, lo que puede afectar la productividad y aumentar las horas extras.
- **Errores en la distribución:** El conteo manual y la falta de trazabilidad aumentan la probabilidad de despachos incorrectos o incompletos.

Este diagnóstico permitió definir estrategias específicas dentro de la siguiente fase, enfocadas en la solución de cada una de estas problemáticas.

## 2.3. Diseño de Soluciones

En este punto la intención es implementar estrategias que permitan diseñar soluciones al problema principal de este proyecto y sus consecuencias.

Con base en el diagnóstico previo, se diseñan estrategias para optimizar el proceso de despacho, centrándose en la reducción de tiempos, la mejora en la eficiencia del uso de los recursos y la reducción de costos operativos. A continuación, se presentan las soluciones planteadas:

### 2.3.1. Estudio mediante herramienta de simulación

**FlexSim** es una herramienta de simulación que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar procesos industriales mediante software. Se utiliza para simular procesos de manufactura, cadenas de suministro, y más.

Al implementar FlexSim se podrá modelar el proceso actual de despacho y simular un escenario óptimo para evaluar el impacto de las mejoras. La simulación permite predecir el comportamiento del sistema antes de la implementación real de los cambios; y por eso la importancia de esta herramienta.

### Objetivos de la simulación:

- **Comparar** el desempeño del despacho actual con la versión propuesta.
- **Identificar** cuellos de botella en la asignación de carga y tiempos de espera.
- **Evaluar** la eficiencia del nuevo Layout y el aporte del Análisis ABC.
- **Medir** la reducción en tiempos de preparación de pedidos y carga de camiones.

Para medir la **efectividad de la simulación**, se considerarán el impacto en los siguientes indicadores:

- **Reducción** en el tiempo de carga por pedido.
- **Disminución** en la tasa de errores en la asignación de carga.
- **Optimización** de los recursos logísticos.

En resumen, la intención es poder validar que la carga en camiones se pueda realizar a través de lectura de códigos de barra o QR; verificando que el operario con un handheld pueda leer el código QR de los bultos, en lugar de contabilizar las unidades al momento de embarcar. Habría un aumento de trabajo en la zona de packing, pero se solventa porque se evidenciaron tiempos muertos.

### Optimización del Centro de Distribución

El almacén juega un papel clave en la eficiencia del despacho. La forma en que se organizan los pedidos preparados tiene un impacto directo en el tiempo de carga de los camiones y en la capacidad de respuesta de la empresa ante pedidos urgentes. Para la clasificación de inventarios se tiene un presente estudio con el nivel de rotación de inventarios para la preparación de pedidos. La clasificación ABC permite fijar ítems de las diferentes familias con su respectiva cantidad de mercancías.

Para la disposición del almacenamiento de pedidos, se tiene una “reubicación estratégica” que considere los siguientes aspectos:

- **Zonas de precarga optimizadas:** La creación de áreas específicas donde los pedidos listos para su despacho se ubiquen estratégicamente reducirá el tiempo de traslado desde el almacenamiento hasta la zona de carga.
- **Distribución basada en rotación de inventario:** Los productos con mayor frecuencia de despacho deben situarse más cerca de las puertas de carga, mientras que aquellos de menor demanda pueden estar en ubicaciones secundarias.

### Procesos operativos del despacho

En el centro de distribución se presenta los procesos operativos de apoyo entre las cuales se muestra los procedimientos desde picking hasta despacho:

#### a) Empaquetado de pedidos

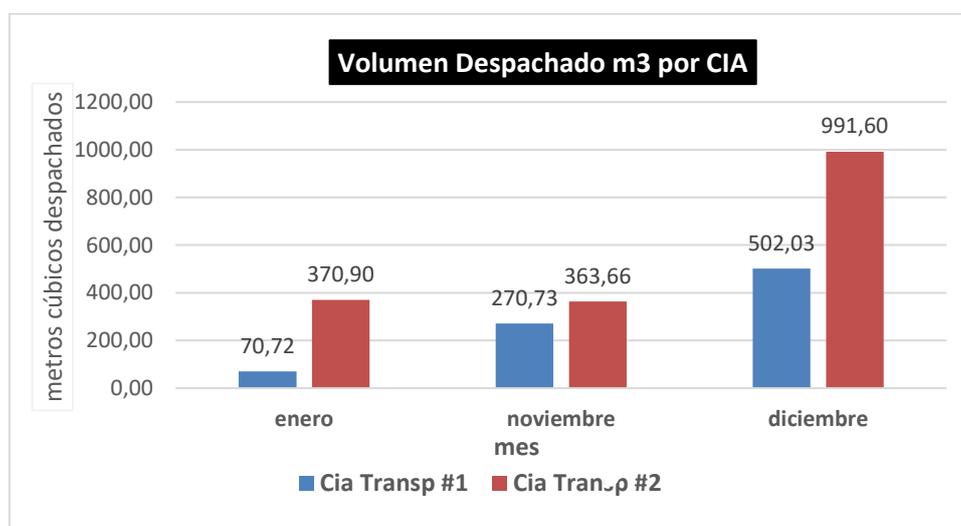
Este procedimiento se realiza en el área de picking, consiste básicamente en la recolección de pedidos en las perchas de alta rotación y comienza con la emisión de la orden de venta. Posterior se entrega al área de despacho donde se realiza el empaquetado y finalmente se entrega producto al área de despacho y entrega al cliente.

## b) Asignación de Cargas

La asignación de las cargas después de asignar los camiones. Se procede con la ayuda del líder de despacho para verificar la carga y a que camión es asignado. La secuencia de prioridad para carga cada de los camiones viene dado por la disponibilidad de camión. La asignación del transporte se la realiza en base al parámetro mínimo del valor de venta, es decir se agrupa las órdenes y cuando el monto cumple el mínimo es transporte **es asignación e inicia la logística**.

## c) Despacho de Pedidos

Una vez empaquetados los pedidos según la orden y emitidos la guía se procede a estibar hacia el camión que despachara esos productos. En la gráfica se observa el volumen acumulado por los meses de trabajo y por la compañía de transporte.



**Figura 2.11 Volumen Despachado & CIA.**

Fuente: Larena, (2025)

La figura 2.11, se muestra el historial del volumen despachado por meses de noviembre, diciembre y enero. Se observa que la cia Inlog es la que mayor volumen despacha en comparación con transporte propio.

### 2.3.1.1 Análisis ABC para categorización de productos

Vermorel (2020), " En la gestión de la información, el análisis ABC es una forma de asignar el inventario que se utiliza como prioridad para centrar esfuerzos y recursos en los artículos que son más importantes para la empresa".

El criterio de clasificación **ABC** que utiliza la empresa se basa en un **modelo mixto**, considerando los siguientes factores:

- **Ventas en dólares:** Se analiza el valor total generado por cada ítem dentro del período de análisis.
- **Cantidad de movimientos:** Se mide cuántas unidades fueron vendidas en el periodo de análisis.
- **Frecuencia de venta:** Se evalúa en cuántas órdenes de compra se ha solicitado el ítem en el mismo periodo.

**Tabla 4**  
**Rangos para la clasificación ABC y frecuencia.**

Calsificación		CATEGORÍAS DE SKUS			
venta	cantidad	A	B	C	D
10	1	11	13	23	
20	2	12	22	32	
30	3	21	31		33

Frecuencia	Categoría
>=200	A
<=199	B
>=100	B
<=99	C

Clasificación	Categoría	Rotación
11	A	Alta
12	A	Alta
21	A	Alta
13	B	Media
22	B	Media Alta
31	B	Media
23	C	Baja
32	C	Baja
33	D	Baja
0	SC	Sin Categ

Forma de clasificar	Resultado de	Categoría	Rotación
venta + cantidad	cálculo	asignada	asiganda
10 + 1	= 11	A	Alta
30 + 1	= 31	B	Media

Fuente: Documentos del Área Logística.

Esta tabla muestra los rangos que se utilizan para asignar la clasificación a un producto de acuerdo con las unidades vendidas y el valor de la venta. Así mismo se da rangos a las veces que fue solicitado en un periodo determinado, conocido como frecuencia.

**Tabla 5**  
**Reporte ABC-30/09/2024.**

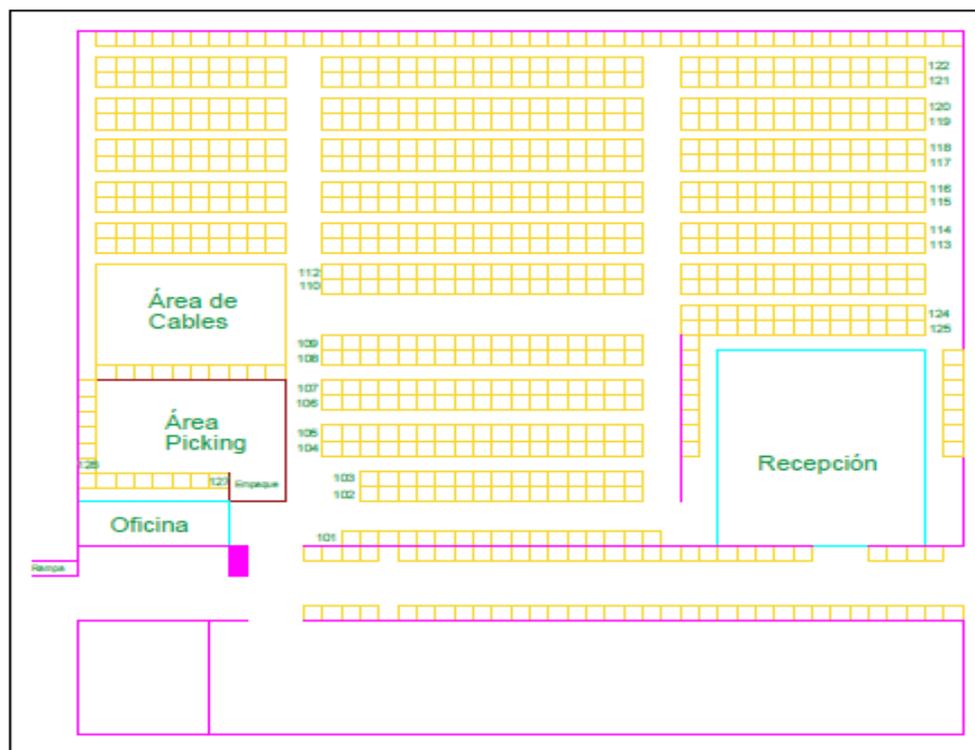
REPORTE DE ANÁLISIS SKUs - BODEGA MATRIZ					30/9/2024	
ABC	Familia	Sku's	Sku's NO Stock	% SKUs	\$\$ SKUs	
A	CABLES	146	8	9,4%	58%	
	EL RESTO	274	80			
	GENERADORES	25	6			
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	18	4			
	TRANSFORMADORES	88	39			
	TUBERIAS	50	15			
<b>Total A</b>		<b>601</b>	<b>152</b>			
B	CABLES	83	22	13,2%	27%	
	EL RESTO	537	354			
	GENERADORES	27	23			
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	82	50			
	TRANSFORMADORES	72	56			
	TUBERIAS	44	13			
<b>Total B</b>		<b>845</b>	<b>518</b>			
C	CABLES	111	50	21,0%	8%	
	EL RESTO	864	658			
	GENERADORES	18	18			
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	77	63			
	TRANSFORMADORES	193	176			
	TUBERIAS	78	43			
<b>Total C</b>		<b>1341</b>	<b>1008</b>			
D	CABLES	352	303	46,5%	3%	
	EL RESTO	2093	1936			
	GENERADORES	13	12			
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	118	104			
	TRANSFORMADORES	166	159			
	TUBERIAS	232	198			
<b>Total D</b>		<b>2974</b>	<b>2712</b>			
N	CABLES	13	13	9,9%	4,0%	
	EL RESTO	536	532			
	GENERADORES	8	8			
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	9	9			
	TRANSFORMADORES	65	65			
<b>Total N</b>		<b>631</b>	<b>627</b>			
<b>Total general</b>		<b>6392</b>	<b>5017</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Reportes del Área de Logística.

Esta tabla de resultados muestra las categorías de SKU que están en la ubicación de mayor rotación. Alrededor de 1446 ítems están catalogados como alta rotación. Por la dinámica e importancia se detallan con énfasis 5 líneas de productos.

Esta metodología de Análisis ABC permite una mejor planificación del almacenamiento y asignación de carga a camiones, asegurando que los productos de mayor demanda y frecuencia sean gestionados con prioridad. Además de garantizar una gestión de inventario más eficiente, disminuyendo la probabilidad de retrasos en la entrega.

**Separación de pedidos por tipo de carga:** La diferenciación entre cargas de camión completo y envíos por Courier optimizará el flujo logístico y evitará congestión en las áreas de despacho.

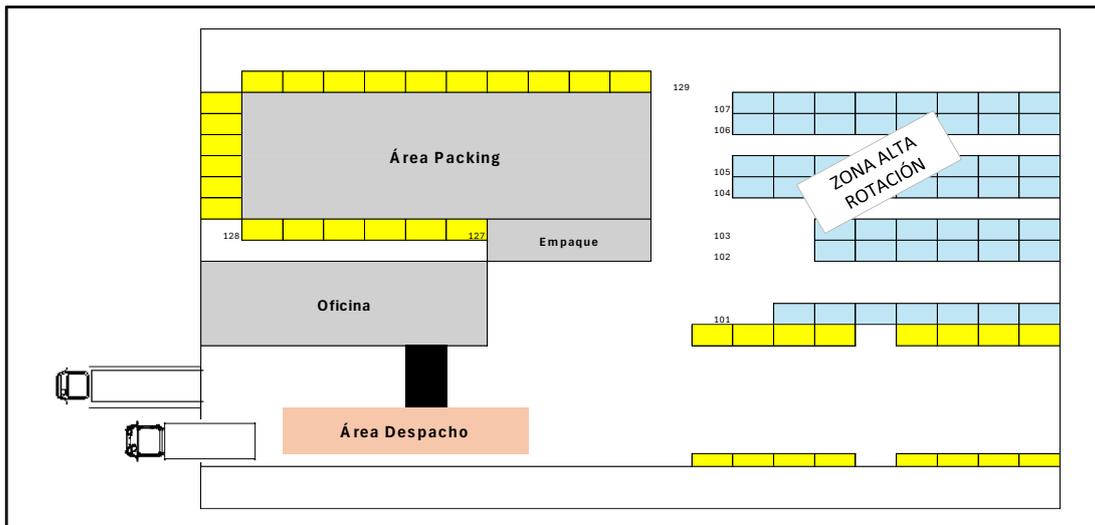


**Figura 2.12 Layout del Centro Distribución.**

Fuente: Documentos de Procedimiento.

El impacto esperado de esta optimización incluye una reducción en el tiempo de preparación de pedidos, mejor utilización del espacio del almacén y un incremento en la eficiencia del proceso de carga.

**Packing por zonas:** Una acción de mejora es reorganizar el área de empaque en función del peso, volumen y destino de los productos, reduciendo las distancias recorridas e incrementando la velocidad de carga; lo que facilita un flujo de trabajo más eficiente y estructurado.



**Figura 2.13 Layout Área Packing y Despacho.**

Fuente: Documentos de Procedimiento.

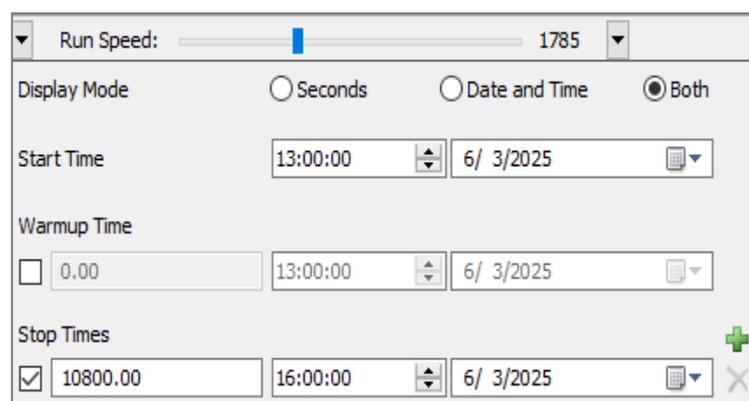
Esta figura muestra el actual layout del área de empaque y despacho

### 2.3.1.2 Modelo de simulación para el proceso actual

Se procede a detallar los procesos actuales de empaque y despachos de los productos, tanto de pedidos locales como courier que se generan en el Sistema Odoo. Previo a esto se establece el tiempo para el proceso y forma de diferenciar en el Software.

#### Tiempos establecidos

Los productos recogidos por picking llegan al sistema cada 20 segundos desde las 13:00 hasta las 16:00 horas.

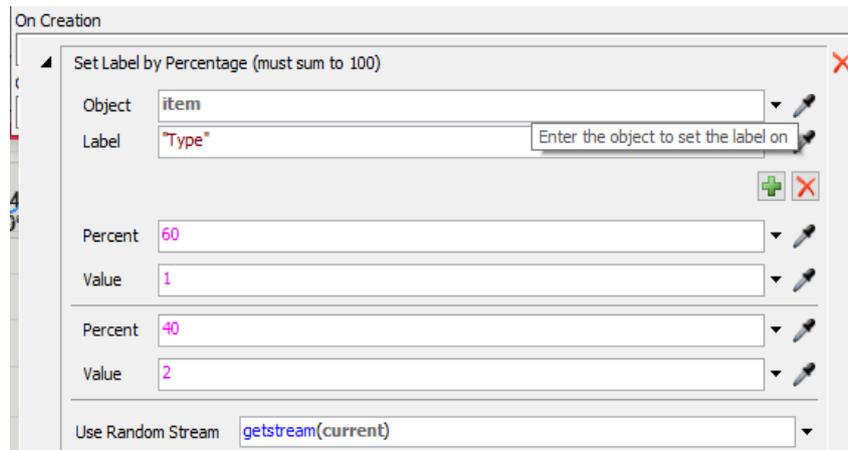


**Figura 2.14 Tiempo establecido para el modelo actual.**

Fuente: Larena, (2025)

Las horas de mayor demanda para el proceso de empaque se realiza de 13:00 a 16:00 y por se establece estos datos en el software.

Con la información obtenida se detecta que el 60% de los productos se despacha en local y 40% se despacha por courier.



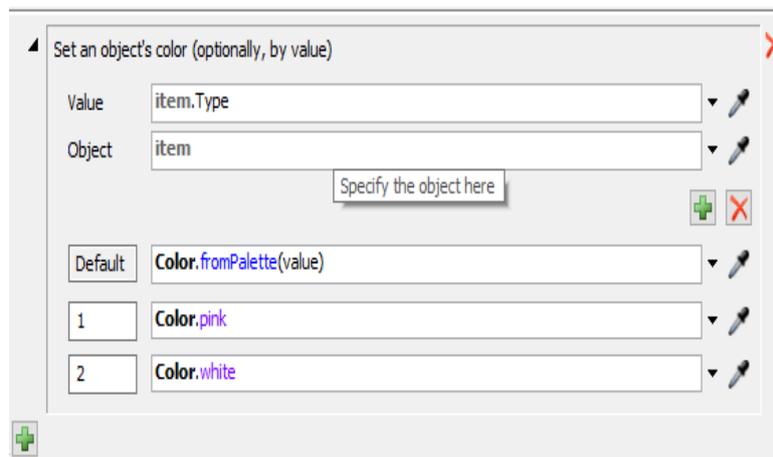
**Figura 2.15 Establecer etiqueta por porcentaje.**  
Fuente: Larena, (2025)

Esta figura muestra la ponderación dada a cada tipo de despacho.

### Diferenciar por colores

Para distinguir visualmente los dos tipos de despacho courier y local en la simulación, se utilizan cajas de distintos colores representando diferentes categorías o procesos.

- 1.- Caja rosa: Empaque y despacho local.
- 2.- Caja Blanca: Empaque y despacho Courier.

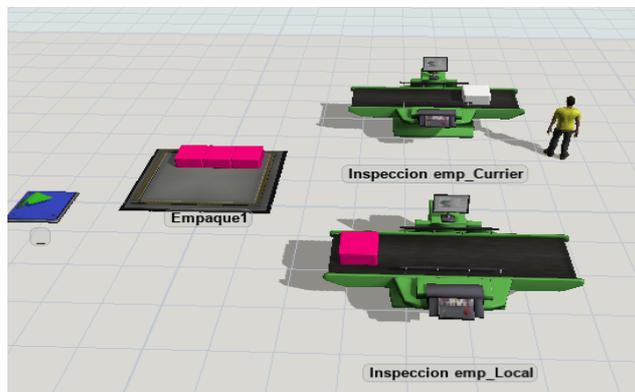


**Figura 2.16 Establecer el color de un objeto.**  
Fuente: Larena, (2025)

Esta figura confirma los colores asignados a cada tipo de despachos.

## Proceso de empaque y almacenado

Se considera los siguientes criterios: Los productos recogidos por picking se procesarán en dos máquinas y cada una procesa solo un tipo de producto. Los tiempos de inspección en empaque serán uniformes en cada máquina.



**Figura 2.17 Inspección de productos por tipo de pedido.**

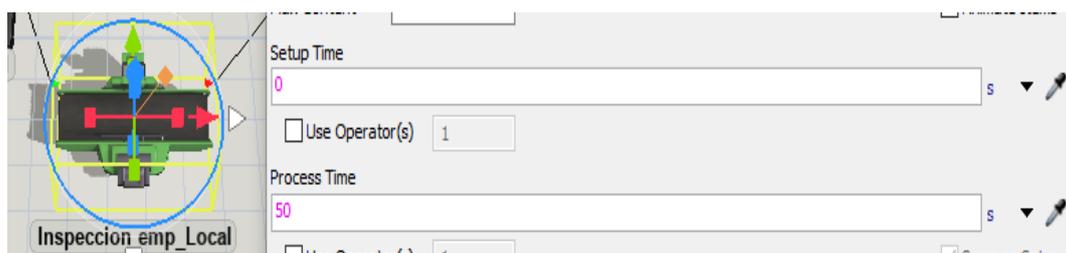
Fuente: Larena, (2025)

En esta figura se evidencia que cada producto es revisado en cada máquina de acuerdo con el tipo de pedido local o courier.

Se utilizó un procesador en el software de simulación para cada tipo de despacho con la finalidad de agilizar la inspección de productos, buscando realizar revisiones en segundos.

### a) Inspección en área de empaque para productos con destinos locales.

En este apartado el procesador tendrá 50 segundos en inspección por cada producto.



**Figura 2.18 Processor para inspecciones de productos locales.**

Fuente: Larena, (2025)

En el proceso actual el área de empaque la revisión de los productos locales es verificados y validados por mediante el sistema Odoo. Cada producto recibe una ubicación general asignada en el sistema hasta el momento del despacho. Sin embargo, en este proceso los productos no son empacados por bultos lo que requieren menos tiempo en su inspección.

### b) Inspección en área de empaque para productos con destinos courier.

En este apartado el procesador tendrá 65 segundos en inspección por cada producto.

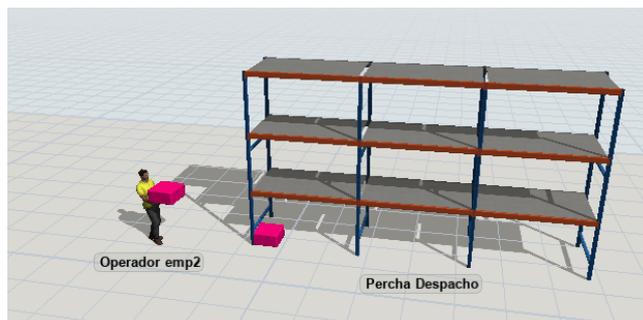


**Figura 2.19 Processor para inspecciones de productos courier.**

Fuente: Larena, (2025)

En las revisiones por courier los productos son verificados y embalados de acuerdo con el criterio del operador. Los productos de gran peso y volumen solo son verificados ya que no se pueden embalar o empaçar.

Después que los productos son procesados, se colocan en un rack esperando a ser inspeccionados por despacho.



**Figura 2.20 Almacenaje de pedidos revisado en empaque.**

Fuente: Larena, (2025)

Productos validados y verificados con sus respectivos Códigos QR, se colocan en las perchas asignadas para pedidos empacados, se recalca que productos de gran pesos y volumen no se colocan en estas perchas

### Proceso de despacho y carga en camiones

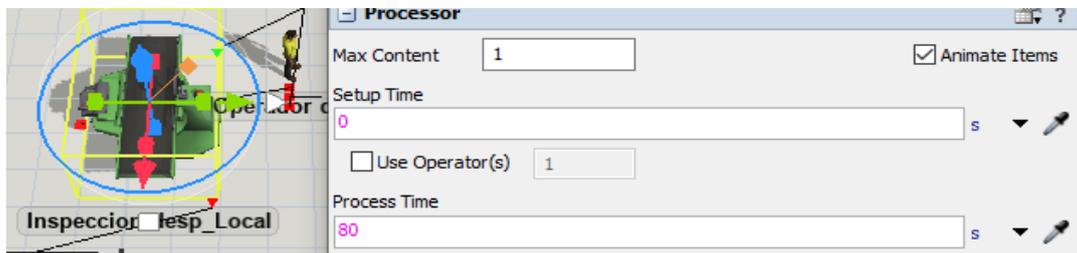
En los **despachos de los productos** los tiempos de inspección serán uniformes en cada máquina.

Dentro de esta inspección se volvieron a colocar procesadores para cada tipo de despacho local y Courier, permitiendo revisiones en cuestión de segundos.

Los productos se dirigen a la zona de despacho para ser cargados a sus respectivos destinos.

**a) Inspección en área de despacho para productos con destinos locales.**

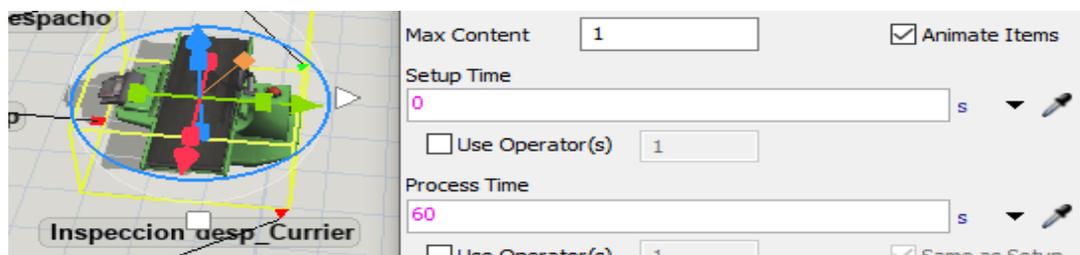
Para la inspección por locales tendrá 80 segundos por cada producto.



**Figura 2.21 Processor para inspecciones de productos locales.**  
Fuente: Larena, (2025)

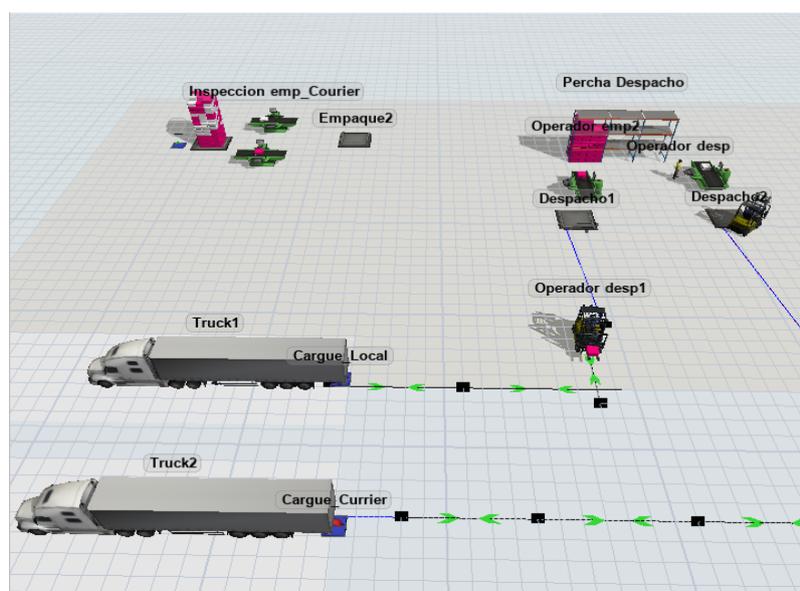
**b) Inspección en área de despacho para productos con destinos courier.**

Para la inspección por Courier tendrá 60 segundos por cada producto.



**Figura 2.22 Processor para inspecciones de productos Courier.**  
Fuente: Larena, (2025)

El proceso de inspección para los despachos es más largo que el de empaque debido a la doble inspección: una para el empaque inicial y otra al cargar el camión. Esto implica un trabajo duplicado y, por ende, un mayor tiempo de procesamiento.



**Figura 2.23 Simulación del proceso actual.**  
Fuente: Larena, (2025)

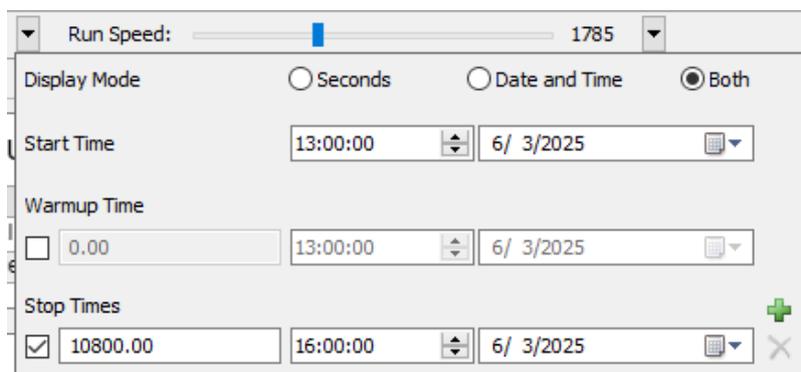
### 2.3.1.3 Modelo de simulación para el proceso propuesto

A continuación, vamos a detallar el proceso propuesto de empaque y despachos de los productos, tanto de pedidos locales como courier que se generan en el Sistema Odoo. Previo definimos tiempos, ponderaciones y otras variables.

#### Tiempos establecidos

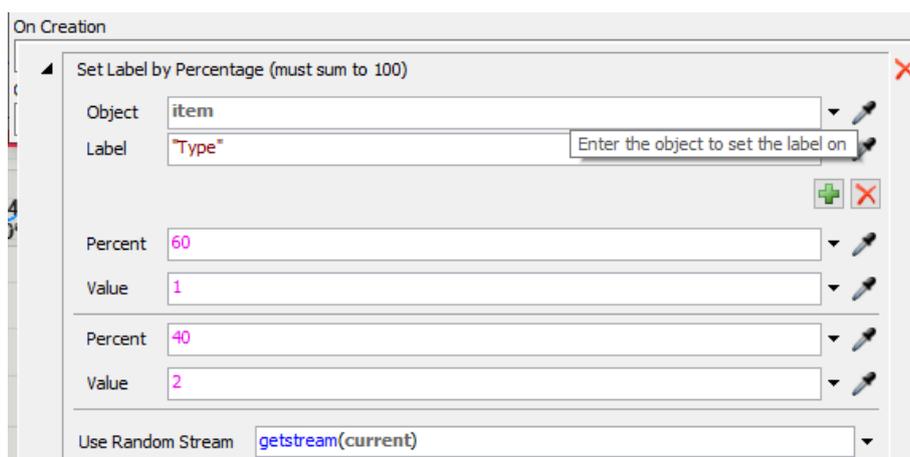
Los productos recogidos por picking llegan al sistema de manera exponencial cada 20 segundos.

En este proceso propuesto se sigue considerando que el área de empaque y despacho empieza a las 13:00 y termina 16:00.



**Figura 2.24 Tiempo establecido modelo propuesto.**  
Fuente: Larena, (2025)

Para el nuevo proceso se establece la misma ponderación del proceso actual, que el 60% de los productos se despacha en local y 40% se despacha por courier.

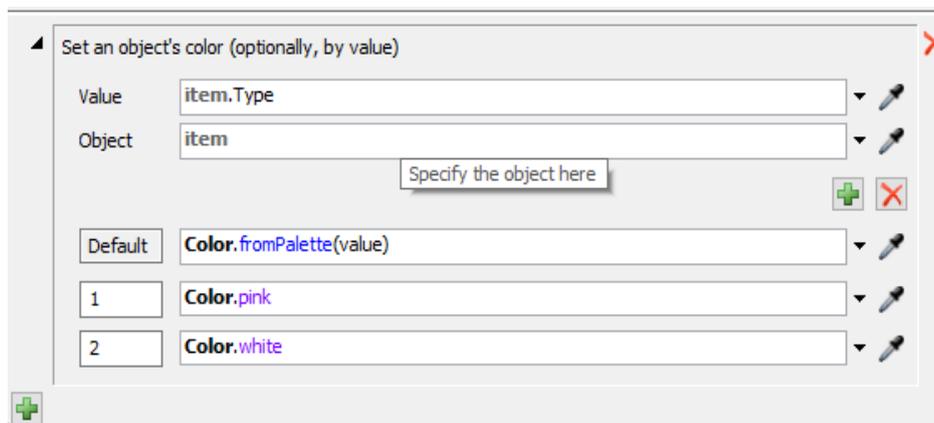


**Figura 2.25 Establecer etiqueta por porcentaje**  
Fuente: Larena, (2025)

## Diferenciar por colores

Existe dos tipos de despacho courier y local por lo tanto para distinguirlos visualmente en la simulación se utilizan cajas de distintos colores representando diferentes categorías o procesos.

- 1.- Caja rosa: Empaque y despacho local.
- 2.- Caja Blanca: Empaque y despacho Courier.

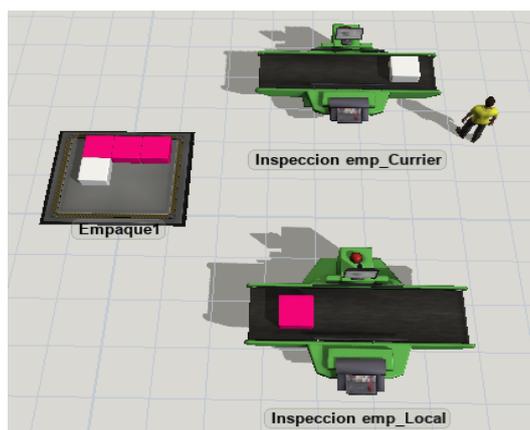


**Figura 2.26 Establecer el color de un objeto.**

Fuente: Larena, (2025)

## Proceso de empaque y almacenado

Los productos recogidos por picking se procesarán en dos máquinas, cada maquina procesara solo un tipo de producto. Los tiempos de inspección en empaquen serán uniformes en cada máquina.

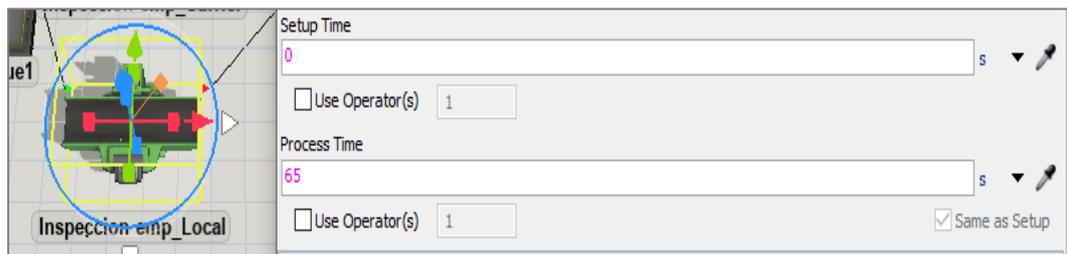


**. Figura 2.27 Inspección de productos de acuerdo con tipo de despacho.**

Fuente: Larena, (2025)

El tiempo de procesamiento asignado al procesador de inspección en la simulación es de 65 segundos por producto en ambos tipos de destino, lo que representa el ciclo de inspección unitario.

**a) Inspección en área de empaque para productos con destinos locales**



**Figura 2.28 Processor para inspecciones de productos locales.**  
Fuente: Larena, (2025)

**b) Inspección en área de empaque para productos con destinos courier.**

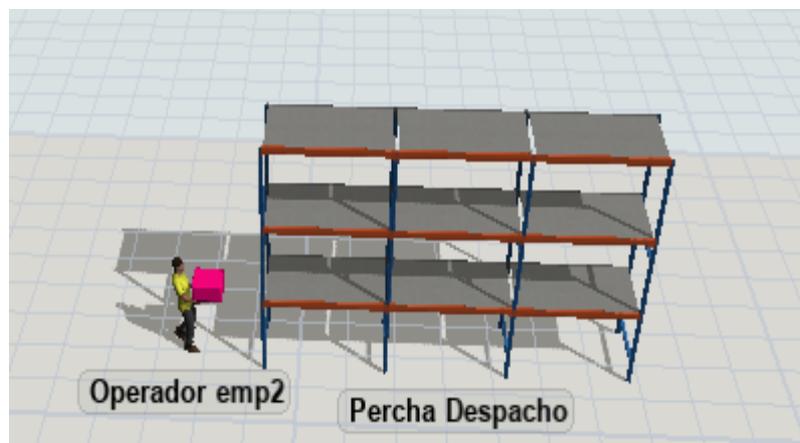


**Figura 2.29 Processor para inspecciones de productos courier.**  
Fuente: Larena, (2025)

Para la figura 2.28 y figura 2.29 es importante considerar que el área de empaque dedicará un tiempo adicional para una inspección exhaustiva a los productos destinados a ambos canales de distribución, integrando el embalaje correcto, verificando que las cantidades este completas y todo relacionado para integrar calidad a los productos para su debido despacho.

Los productos se agruparán de acuerdo con sus órdenes con su respectiva codificación QR llamados en el proceso propuesto “bultos “. Sin embargo, productos con gran volumen solo se considerará la codificación de su respectivo QR.

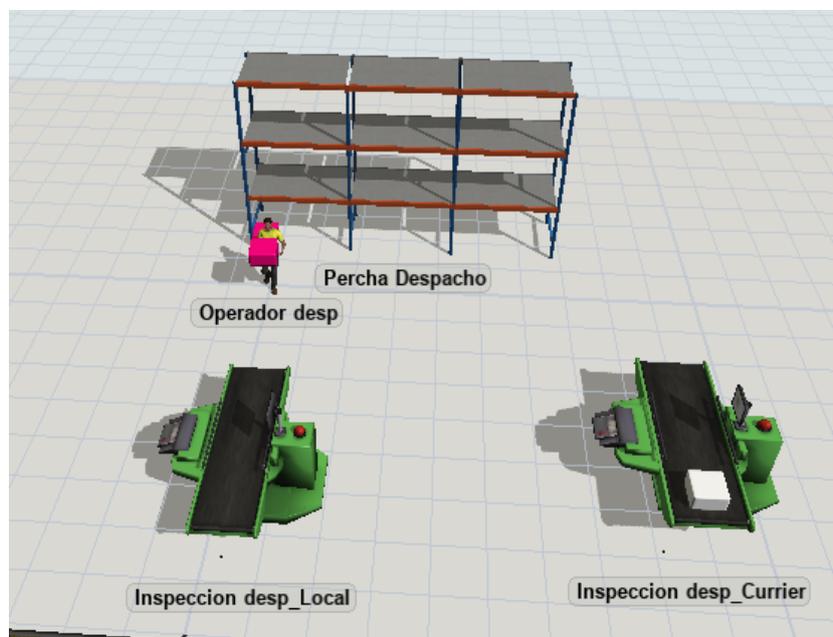
Después que los productos son procesados, se colocan en un rack esperando a ser inspeccionados en el proceso de despachos.



**Figura 2.30 Productos Validados y verificados con sus respectivos Códigos QR.**  
Fuente: Larena, (2025)

## Proceso de despacho y carga en camiones

Los tiempos de inspección en despacho serán uniformes en cada máquina. Se asignaron procesadores para la inspección de despachos locales y courier. Tras la inspección, los productos son dirigidos a la zona de despacho para su carga y distribución



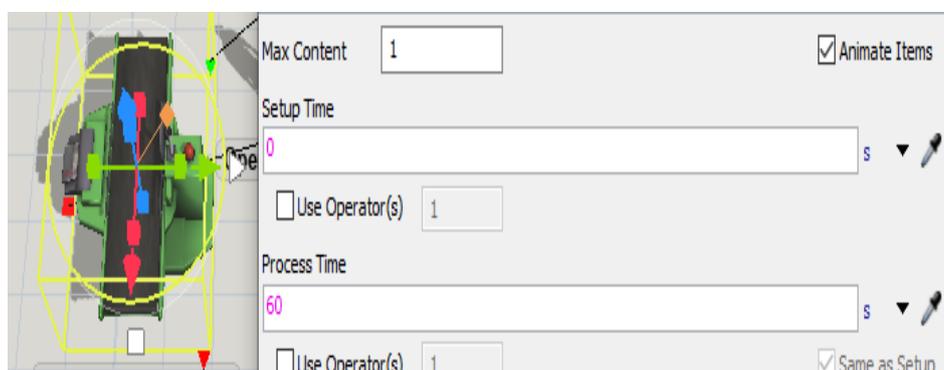
**Figura 2.31 Productos solo en revisión de QR para su carga.**

Fuente: Larena, (2025)

Esta imagen muestra las 2 máquinas en cuales se realizara el proceso de inspección de despacho a pedidos locales

El tiempo de procesamiento asignado al procesador de inspección despacho en la simulación es de 60 segundos por producto en ambos tipos de destino, lo que representa el ciclo de inspección unitario.

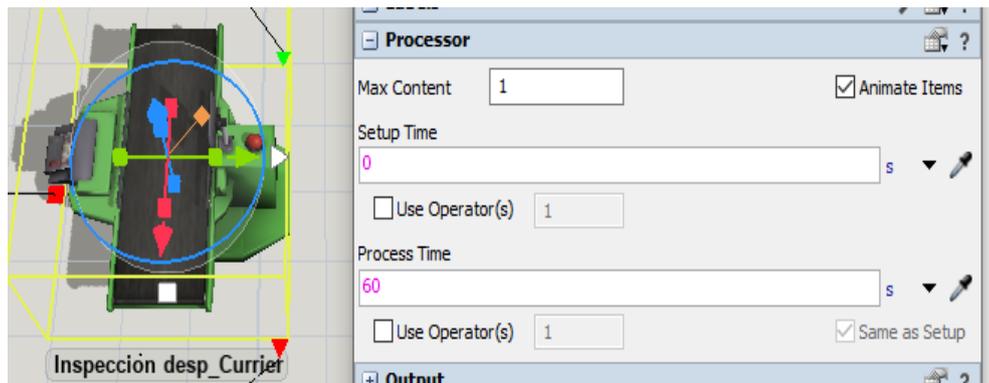
### a) Inspección en área de despachos para productos con destinos locales



**Figura 2.32 Processor para inspecciones de productos locales.**

Fuente: Larena, (2025)

b) Inspección en área de despachos para productos con destinos courier.

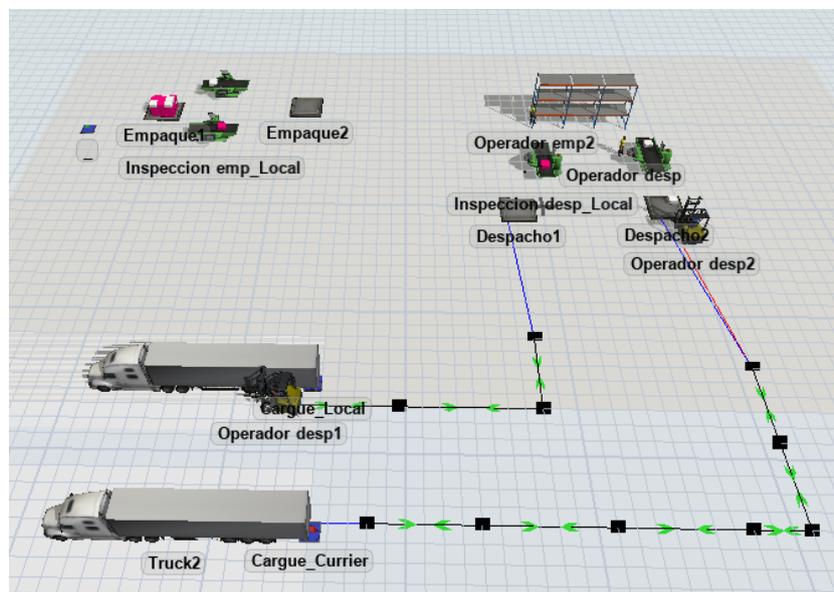


**Figura 2.33 Processor para inspecciones de productos courier.**

Fuente: Larena, (2025)

Para la figura 2.32 y figura 2.33 donde se muestran los tiempos que tomarán los procesos de despachos en pedidos locales y courier, previo a la carga deben verificar el embalaje correcto, verificando que los bultos estén completos y todo relacionado con el pedido para su debido despacho.

En el proceso propuesto, el área de empaque ordena todos los productos en bultos para minimizar el tiempo de inspección en el área de despacho. Permitiendo cargar todos los bultos más eficientes en comparación con el proceso actual.



**Figura 2.34 Simulación del proceso actual.**

Fuente: Larena, (2025)

La figura 2.34 muestra la parte final del proceso propuesto, que finaliza con la carga de los bultos de los pedidos a los camiones.

## 2.3.2. Modelo de Optimización

El modelo establecido tiene como objetivo minimizar los costos logísticos de asignar un camión. Se establecen las siguientes consideraciones:

### 2.3.2.1 Componentes del modelo

Mediante la información previamente recopilada se procede al rediseño del proceso de despacho con las variables validadas y parámetros establecidos del proceso. Para el modelamiento se basó en software de modelamiento matemático que permite analizar, resolver y modelos de optimización.

#### Índices

En primera instancia para el desarrollo del modelo se presenta los índices con los que se va a trabajar el modelo.

***I Conjunto de pedidos indexados por i:*** pedido1, pedido2, pedido3, pedido4, pedido5, pedido6, pedido7, pedido8, pedido9, pedido10.

***J Conjunto de camiones indexados por j:*** camión1, camión2, ..., camión10

***K conjunto de provincias a despachar indexados por k:*** Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Loja, Pichincha.

#### Parámetros

Para la valoración del modelo se necesita información proporcionada del proceso. Se tiene el volumen de los pedidos previamente recolectados por el personal de picking y con estatus para ser despachados hacia los camiones.

a) Volúmenes de los pedidos ***V<sub>i</sub>***

Cada pedido posee un volumen diferente y depende de la categoría de productos que se va a cargar en el camión. En un camión puede haber diferentes categorías de productos que se van a cargar siempre y cuando no sobrepase la capacidad.

**Tabla 6**  
**Número de pedidos y volúmenes.**

número pedidos (m3)	V(m3)
pedido1	6
pedido2	5
pedido3	10
pedido4	5
pedido5	14
pedido6	12
pedido7	8
pedido8	6
pedido9	5
pedido10	9

Fuente: Larena, (2025)

b) Capacidad de los camiones  $M_j$ 

La flota es de 10 camiones cada uno se muestra con sus dimensiones y capacidad establecidas y medidas.

**Tabla 7**  
**Capacidad y volúmenes de camiones.**

FLOTA FIJA						
	Descripción	Capacidad (Ton)	Alto (m)	Ancho (m)	Largo (m)	V(m3)
Camión1	Furgón	14	2.5	2.5	7.35	<b>46</b>
Camión2	Furgón	16	2.5	2.5	7.35	<b>46</b>
Camión3	Furgón	14	2.7	2.6	7.2	<b>51</b>
Camión4	Furgón	10	2.4	2.3	6.5	<b>36</b>
Camión5	Furgón	10	2.5	2.5	6.5	<b>41</b>
Camión6	Furgón	10	2.4	2.3	6.5	<b>36</b>
Camión7	Furgón	12	2.5	2.5	7.2	<b>45</b>
Camión8	Furgón	12	2.5	2.4	7.2	<b>44</b>
Camión9	Furgón	12	2.5	2.4	7.2	<b>44</b>
Camión10	Furgón	10	2.5	2.3	7.2	42

Fuente: Larena, (2025)

## c) Costo por contratar un camión

Se muestra el costo incurrido si un camión es contratado para despachar una ruta. A continuación, se muestra en la tabla 8, el costo promedio trabajado en los últimos 5 meses. Para efecto del modelamiento se redondeó el costo viaje por contratar un camión a **C \$520**.

**Tabla 8**  
**Costo por contratar y asignar un camión a una ruta.**

mes	Promedio de Costo Viaje
ene-25	\$ 519.14
feb-25	\$ 518.63
oct-24	\$ 624.00
nov-24	\$ 561.78
dic-24	\$ 456.19
	<b>\$ 519.94</b>

Fuente: Larena, (2025)

**Función Objetivo**

La necesidad del modelo es minimizar el costo de transporte cuando un camión

$$z = \min \sum_{j \in J} C * Y_j$$

## Variables de decisión

A continuación, se muestra las variables de decisión con las que se trabaja el modelo y permitirán analizar resultados.

- $X_{i,j}$  : Variable binaria que indica si el pedido  $i$  es asignado al camión  $j$   
( $x_{i,j} = 1$  si se asigna, 0 si no).
- $Y_j$  : Variable binaria que indica si el camión  $j$  es utilizado.  
( $y_j = 1$  si se usa, 0 si no).
- $Z_{j,k}$ : Variable binaria que indica si el camión  $j$  se asigna a la ciudad  $k$   
( $z_{j,k} = 1$  si va a la ciudad  $k$ , 0 si no).

## Restricciones

Se tienen las limitaciones en el modelo

### 1.1. Asignación de pedidos

Cada pedido debe ser asignado a un solo camión:

$$\sum_{j \in J} x_{i,j} = 1 \quad \forall i \in I$$

### 1.2. Capacidad de los Camiones

Cada camión no puede exceder su capacidad máxima al cargar pedidos I:

$$\sum_{i \in I} V_i x_{i,j} \leq M_j y_j, \quad \forall j \in J$$

### 1.3. Restricción de Ciudad

Todos los pedidos asignados a un camión deben ser de la misma ciudad:

$$\sum_{i \in I} U_{i,k} x_{i,j} \leq |J| z_{j,k}, \quad \forall j \in J, \forall k \in K$$

Cada camión debe ser asignado a una ciudad:

$$\sum_{k \in K} z_{j,k} \leq 1 \quad \forall j \in J$$

### 1.4. Compatibilidad de Pedidos con Camión y Ciudad

Un camión solo puede transportar pedidos de la ciudad a la que está asignado:

$$x_{i,j} \leq \sum_{k \in K} U_{i,k} z_{j,k}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

### 1.5. Volumen Mínimo de Carga

Un camión solo puede ser utilizado si transporta al menos un volumen mínimo  $V_{min}$  metros cúbicos:

$$\sum_{i \in I} V_i x_{i,j} \leq V_{min} y_j, \quad \forall j \in J$$

### 1.6. Restricciones de Variables

Las variables deben ser binarias:

$$x_{i,j} \in \{0, 1\}, \quad y_j \in \{0, 1\}, \quad z_{j,k} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

#### 2.3.2.2 Validación del modelo de optimización

El **modelo matemático de programación lineal entera mixta (MIP) será implementado** en el software **GAMS** (2025). “General Algebraic Modeling System es un software de alto nivel para el modelado matemático. Esto es útil para solucionar problemas que sean grandes y complejos, permite construir modelos de gran tamaño que se pueden adaptar rápidamente a nuevas situaciones”.

#### Validación del Modelo

El modelo fue validado en varias etapas:

1. **Ejecutar el modelo con datos históricos del ERP Odo** para evaluar su desempeño comparado con el método actual.
2. **Analizar distintos escenarios de asignación de carga** para determinar su flexibilidad y aplicabilidad en diferentes condiciones.
3. **Comparar los resultados obtenidos** con la situación real para medir el impacto de la optimización.

#### Interpretación de los resultados del modelo

Una vez resuelto el problema de optimización, los resultados serán analizados para evaluar mejoras en eficiencia y reducción de costos. Se tiene que la optimización proporciona soluciones más eficientes en la planificación del transporte y asignación de carga.

- Comparación de KPIs antes y después de la optimización.
- Identificación de mejoras en tiempos de despacho y uso de camiones.
- Evaluación del impacto en costos logísticos.

Con esta metodología, se garantiza que el modelo matemático no solo sea teóricamente válido, sino que genere beneficios tangibles en la operación del despacho.

### 2.3.3. Implementación de herramientas tecnológicas

La automatización y digitalización del proceso de despacho será clave para la optimización. Se implementaron herramientas como:

- **Uso de handheld en el proceso de carga:** Al igual que en los procesos de picking y packing, se procede a usar handheld como herramienta en el proceso de carga. Esto permite un control más eficiente del inventario, reduciendo errores en la carga de camiones, además de facilitar la trazabilidad de los pedidos en tiempo real.
- **Optimización del flujo de pedidos:** Se busca implementar una actualización en tiempo real la asignación de pedidos, eliminando la intervención manual y reduciendo tiempos de respuesta en la asignación de pedidos a los camiones.
- **Sistema de monitoreo en tiempo real:** Se plantea realizar un esquema de seguimiento, para visualizar los tiempos del proceso de despacho, los datos respectivos que permita ajustar tareas y las asignaciones de carga de manera dinámica.

Estas herramientas reducirán el error humano en el despacho, agilizarán el proceso y proporcionarán mayor visibilidad sobre el estado de los envíos, asegurando que la empresa pueda responder de manera más eficiente a la demanda del mercado.

Con estas mejoras, la meta es transformar el proceso de despacho en una operación más rápida, precisa y alineada con las mejores prácticas logísticas, garantizando un mejor servicio a los clientes y una reducción significativa en los costos logísticos operativos.

## 2.4. Implementación y prueba piloto

Para asegurar la viabilidad del modelo propuesto antes de su implementación total, se ejecutará una **prueba piloto** en un entorno controlado. Esta etapa permite detectar posibles ajustes y validar la efectividad de las mejoras sin interrumpir las operaciones regulares. La prueba piloto sirve como una etapa de experimentación donde se procede a recopilar datos que son claves, para facilitar la toma de decisiones para la fase de implementación.

### 2.4.1. Alcance de la Prueba Piloto

La prueba se llevó a cabo en una zona específica del centro de distribución, seleccionando un grupo de pedidos representativo de la operación total. Se busca replicar en un ambiente controlado los principales desafíos que enfrenta la operación logística para evaluar la viabilidad de las soluciones planteadas. Los principales objetivos de esta fase son:

1. **Validar la optimización del Layout** y su impacto en la eficiencia del almacenamiento de pedidos preparados.
2. **Comprobar la eficacia del análisis ABC** en la reducción de tiempos de búsqueda y traslado, asegurando que los productos con alta rotación sean fácilmente accesibles.

3. **Medir el desempeño de la simulación en FlexSim**, comparando tiempos de carga antes y después de la prueba para identificar mejoras en la distribución de tareas y recursos.
4. **Probar el modelo matemático**, asegurando que las asignaciones de carga optimizadas sean aplicables en la realidad y cumplan con las restricciones de capacidad y peso.
5. **Evaluar la integración con herramientas tecnológicas**, verificando la funcionalidad del handheld, escáner y la conexión con el ERP Odoó para el registro y monitoreo de despachos en tiempo real.

#### 2.4.2. Plan de ejecución de la prueba piloto

La prueba se desarrolla en **tres etapas**:

##### 1. Preparación y configuración

- Capacitación del personal involucrado en el nuevo proceso para asegurar una correcta adopción de las herramientas y metodologías.
- Configuración de handheld y escáneres de códigos de barras para agilizar la identificación y seguimiento de los pedidos preparados.
- Ajustes iniciales en el ERP para registrar el nuevo flujo de trabajo y garantizar la trazabilidad de los pedidos.

##### 2. Ejecución del piloto

- Aplicación del nuevo diseño de Layout y reubicación de productos en las zonas de precarga.
- Implementación del modelo de optimización en una muestra de pedidos seleccionada estratégicamente.
- Prueba del sistema de carga automatizada con el modelo matemático, asegurando que las asignaciones optimizadas sean factibles en la operación real.

##### 3. Monitoreo y ajustes

- Comparación de datos antes y después del piloto mediante el análisis de KPIs definidos.
- Evaluación de errores en la asignación de carga y eficiencia operativa para determinar posibles mejoras antes de la implementación total.
- Realización de ajustes en los procesos y herramientas en función de los hallazgos obtenidos durante la prueba piloto.

## 2.5. Evaluación y Medición

Una vez realizada la prueba piloto, se ejecuta un proceso de evaluación para medir la efectividad de las mejoras implementadas. Esta fase será clave para justificar la adopción del nuevo modelo y detectar oportunidades de mejora antes de su implementación completa.

### 2.5.1. Definición de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Los KPIs seleccionados para evaluar el impacto de las mejoras incluyen:

- **Tiempo promedio de despacho:** Comparación de tiempos antes y después de la optimización para medir la reducción en demoras.
- **Tasa de errores en la asignación de carga:** Evaluación de la disminución de incidencias en la verificación de pedidos.
- **Nivel de utilización de la capacidad del camión:** Medición del porcentaje de ocupación del espacio de carga, asegurando un mejor aprovechamiento de los recursos.
- **Costo logístico por pedido:** Evaluación del ahorro en costos de operación derivados de la optimización del proceso de carga.
- **Número de horas extras utilizadas:** Medición de la eficiencia del nuevo modelo en la gestión del tiempo del personal, reduciendo la necesidad de horas adicionales.

### 2.5.2. Metodología de Evaluación

Para medir estos indicadores, se realiza un análisis comparativo basado en:

- **Datos históricos obtenidos del ERP Odo** para establecer una línea base de desempeño.
- **Registro de tiempos y movimientos durante la prueba piloto** para identificar mejoras tangibles en la operación.
- **Encuestas al personal logístico** sobre la eficiencia del nuevo proceso y su percepción sobre la viabilidad del modelo.
- **Análisis de informes generados por el software de simulación y optimización** para evaluar la precisión y efectividad de la optimización de carga y despacho.

Los resultados obtenidos permiten realizar ajustes finales antes de proceder con la implementación.

## 2.6. Implementación

Una vez validadas las mejoras en la prueba piloto, se procederá a presentar a la Gerencia para su aprobación en la implementación total del nuevo modelo de despacho en toda la operación logística. Esta fase busca consolidar los beneficios obtenidos en la prueba piloto y garantizar que la solución propuesta sea sostenible en el tiempo.

### 2.6.1. Estrategia de Despliegue

La implementación se debe realizar de manera progresiva para minimizar riesgos operativos y garantizar una transición fluida. Se seguirá la siguiente estrategia:

1. **Fase Inicial:** Implementación del nuevo proceso en un solo turno de trabajo, monitoreando su desempeño en tiempo real y ajustando procesos según sea necesario.
2. **Expansión gradual:** Extensión del modelo a otros turnos y unidades operativas, asegurando que todos los equipos de trabajo se adapten a los nuevos procedimientos.
3. **Despliegue completo:** Aplicación del modelo en todas las operaciones de despacho de la empresa, asegurando su estandarización en toda la cadena de suministro.

### 2.6.2. Mantenimiento y monitoreo continuo

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras, se establece:

- Revisiones periódicas de los KPIs y reuniones de evaluación con el equipo logístico.
- Implementar un sistema de retroalimentación continua donde los operarios y supervisores puedan reportar incidencias y sugerencias de mejora.
- Considerar la actualización y ajuste de los modelos de optimización en función de cambios en la demanda y condiciones operativas.

Con esta estrategia, se busca asegurar que las soluciones implementadas no solo sean funcionales en la teoría, sino que se traduzcan en mejoras tangibles y sostenibles en la operación logística, impactando positivamente en la eficiencia, costos y tiempos de entrega.

## CAPÍTULO 3

### 3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Este capítulo se enfoca en los siguientes puntos:

**Explicar** cómo se aplicó la metodología indicada en el Capítulo 2.

**Presentar** resultados antes y después de la implementación.

**Enfatizar** barreras y factores de éxito.

Durante el desarrollo del presente proyecto, se implementó una prueba piloto en el centro de distribución, con el propósito de validar los cambios propuestos en la metodología de despacho, previamente descrita en el capítulo anterior. La aplicación del modelo permitió recopilar datos reales bajo las nuevas condiciones propuestas y compararlos frente a los valores históricos obtenidos durante el proceso tradicional.

En primer lugar, se recopilaron datos desde el ERP y mediante observación directa en planta, en los cuales se evidenciaron mejoras concretas. Entre los indicadores más relevantes, se encontró una disminución del 16.7% en el tiempo promedio de despacho por pedido, lo que representa una reducción efectiva de más de 15 minutos en las cargas por camión. Este resultado tiene un impacto directo en la rotación de vehículos y en la programación diaria del transporte. Asimismo, los errores en la asignación de carga se redujeron en un 12.6%, gracias a la implementación del modelo de planificación por bultos y la reorganización de la zona de despacho.

Desde una perspectiva operativa, también se observó una mejora del 10.4% en la utilización de la capacidad disponible de los camiones, es decir, se logró aprovechar mejor el volumen útil en cada despacho, minimizando los viajes con espacio vacío. Este indicador es especialmente relevante en contextos de costos logísticos elevados. En cuanto al recurso humano, las horas extras requeridas por el personal de despacho se redujeron en un 12.8%, lo que representa una mejora en eficiencia y bienestar del equipo.

En términos cualitativos, se aplicaron encuestas breves al personal de planta y al responsable del área de transporte. Los operarios reportaron una mayor facilidad en el proceso de carga al trabajar con bultos identificados y estibados previamente, en lugar de tener que verificar productos individuales. Esta mejora también facilitó los controles cruzados con las guías de despacho. A nivel de coordinación, se reportó una mejora en la secuencia de carga y menor congestión en la playa de despacho.

Con respecto al modelo matemático, se utilizó GAMS como herramienta de optimización para asignar los pedidos a camiones en función de su volumen, peso y destino. El modelo permitió minimizar el número de camiones utilizados y mejorar la planificación diaria, generando rutas más balanceadas. Al comparar los escenarios propuestos frente al histórico manual, se observó una reducción del 9.5% en el número de viajes requeridos para cubrir los mismos pedidos.

En paralelo, se utilizó FlexSim para simular el comportamiento del proceso de carga y despacho, aplicando las nuevas condiciones operativas. La simulación permitió validar visualmente los tiempos estimados, detectar cuellos de botella y medir la eficiencia de cada etapa del proceso. En particular, el escenario optimizado redujo los tiempos muertos en un 14.3% y mejoró el flujo de la mercadería entre las estaciones de packing y despacho.

En conjunto, estos resultados validan que la metodología aplicada permitió alcanzar mejoras tangibles en tiempo, recursos y precisión operativa. A través del análisis cuantitativo y cualitativo, se demuestra que el rediseño del proceso de despacho es viable y puede replicarse en otras operaciones logísticas de la empresa.

A continuación, se hace una descripción detallada de la metodología y resultados.

### **3.1. Aplicación de la Metodología**

Para validar la viabilidad de la metodología propuesta en el capítulo 2, se realizó una prueba piloto dentro del centro de distribución. Esta prueba se llevó a cabo en un período de 2 semanas, en el cual se implementaron diversas estrategias para optimizar el proceso de despacho.

Previo a esto se definió un nuevo diagrama de flujo de proceso de despachos y se realizaron entrevistas al personal y clientes.

#### **Fases de la Prueba Piloto:**

**Fase 1: Ajuste del diseño del área de empaque y despacho:** Se reorganizaron las zonas de empaque, carga y descarga para minimizar desplazamientos innecesarios.

**Fase 2: Simulación con FlexSim:** Se probaron diferentes escenarios de empaque de pedidos y carga en camiones, para medir los tiempos de despacho.

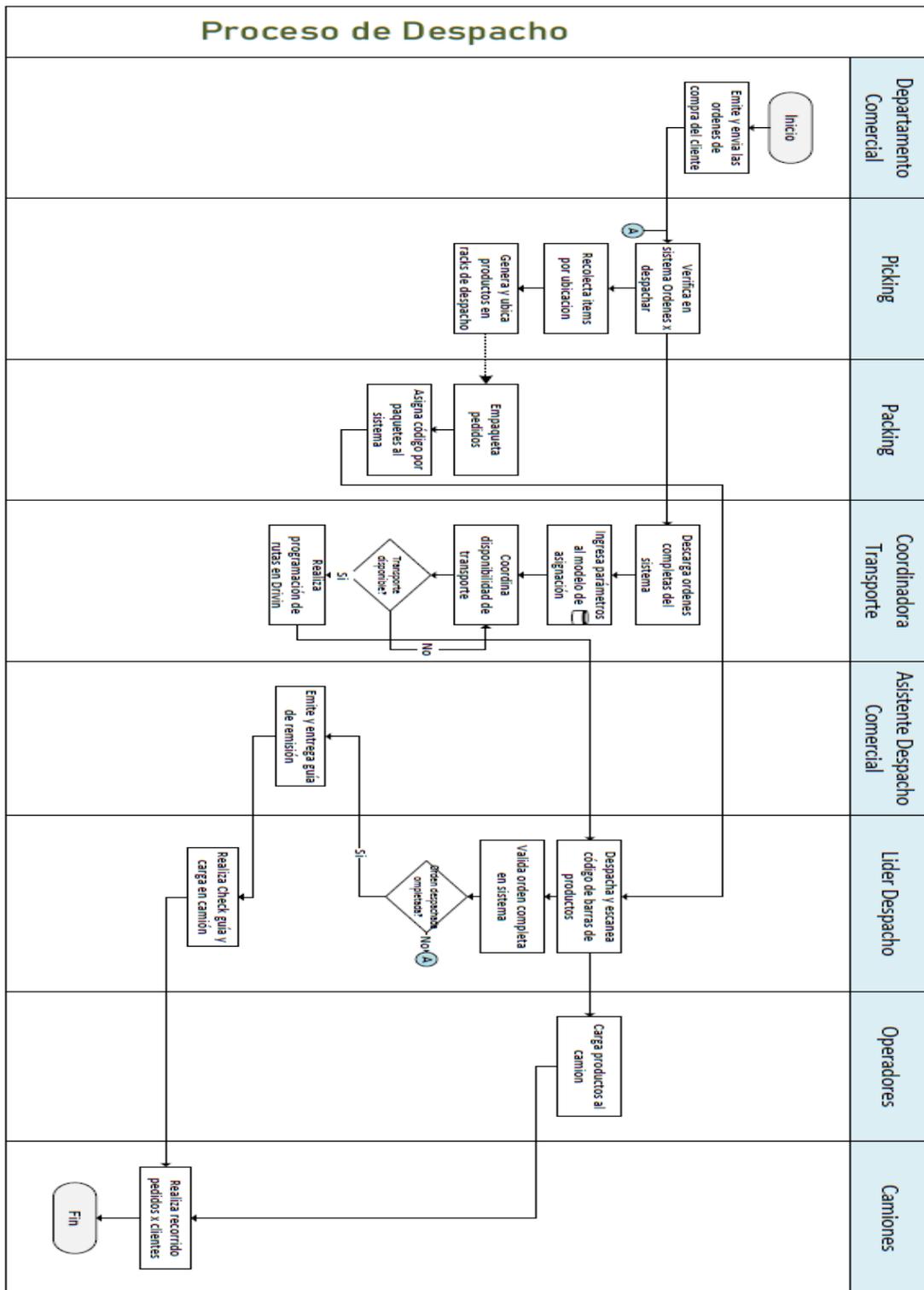
**Fase 3: Configuración del modelo matemático en GAMS:** Se ingresaron datos reales de pedidos para optimizar la asignación de carga.

**Fase 4: Implementación piloto:** Se aplicó la metodología en un entorno controlado, en una muestra pequeña diaria, con el respectivo monitoreo.

**Fase 5: Recolección de datos (resultados):** Se midieron indicadores clave y se compararon con los datos previos a la implementación.

#### **Flujo mejorado del proceso de despacho**

De acuerdo con la información recolectada y las mejoras propuestas, también se consideró necesario elaborar un nuevo diagrama, para ilustrar el flujo propuesto para la asignación de camiones como para la carga en camiones.



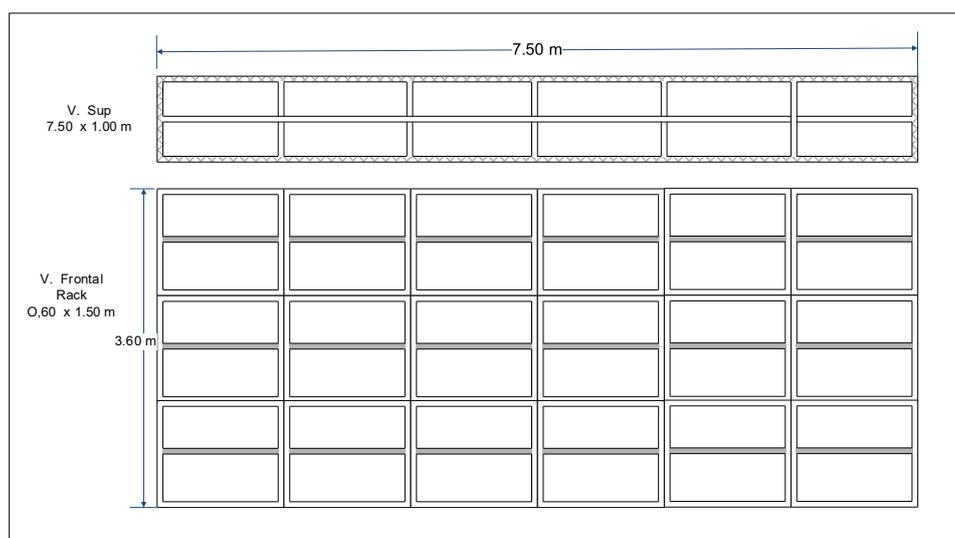
**Figura 3.1 Flujo del proceso de despacho.**  
Fuente: Larena, (2025)

En la Figura 3.1, se tiene que la asignación está dada por el coordinador de transporte y se omite el paso previo de la revisión de transporte disponible. Dentro del proceso se establecía entrevistas a los actores directo en el proceso de despacho, por los cual se crearon formato de preguntas dirigidas al personal operativo y a los clientes, para conocer sus percepciones e inquietudes. La intención era conocer si debíamos agregar alguna mejora a la propuesta de empaclar todos los pedidos

### Clasificación ABC y asignación de mercancías

Se organizan en ubicaciones asignadas de acuerdo con la clasificación ABC. Las nuevas ubicaciones están distribuidas entre las líneas 127, 128 y 129. Cada Línea se conforma con niveles de altura que van desde la letra A hasta la F. Las columnas van desde la numeración 01 hasta 12 numerando desde el extremo izquierdo. Las dimensiones del rack en las ubicaciones de empaquetado están en metros y son 0.75x0.60x1.00.

Para cada línea de almacenamiento se tiene un total de rack de 36 espacios con disponibilidad de duplicarse, contando con un abastecimiento de 72 racks. A continuación, se muestran espacio y sus dimensiones en donde en los niveles inferiores del rack se ubican ítems con un % sku más de 60%.



**Figura 3.2 Layout clasificación ABC.**

Fuente: Larena, (2025)

De acuerdo con la tabla de clasificación ABC, los ítems con alta rotación A, el 80% del Sku están compuestos por cables, transformadores y resto de mercancías.

**Tabla 9  
Clasificación A alta rotación de mercancías.**

ABC	Familia	Sku	Sku N° Stock	\$\$\$ SKUs
A	EL RESTO	274	80	46%
	CABLES	146	8	24%
	TRANSFORMADORES	88	39	15%
	TUBERIAS	50	15	8%
	GENERADORES	25	6	4%
	MEDIA, ALTA TENSIÓN	18	4	3%

Fuente: Larena, (2025)

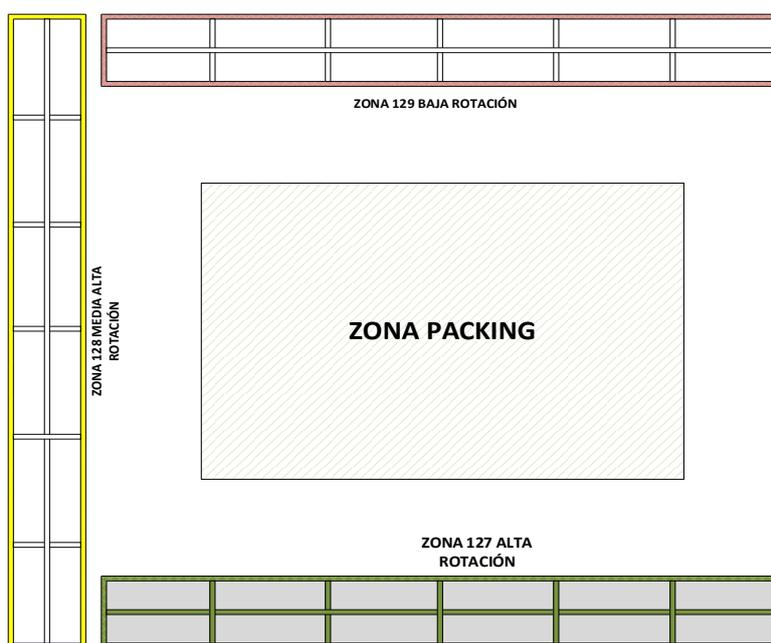
La tabla muestra la clasificación de media-alta rotación lo cual son destinados a la línea 128, según la cantidad de ítems a disposición. En los niveles más bajo serán inventario de transición para inventarios con un nivel, en este criterio de clasificación se tiene que cables y resto de mercancías acumulan el 78% de sku y están ubicadas en niveles inferiores de la línea 128.

**Tabla 10**  
**Clasificación B media-alta rotación.**

ABC	Familia	Sku	Sku N° Stock	\$\$\$ SKUs
B	EL RESTO	537	80	64%
	CABLES	83	8	14%
	MEDIA, ALTA TENSION	82	4	14%
	TRANSFORMADORES	72	39	12%
	TUBERIAS	44	15	7%
	GENERADORES	27	6	4%

Fuente: Larena, (2025)

A continuación, se muestra la conformación y distribución de las líneas ubicadas en la zona de packing de muy alta transición. Esta zona albergara más de 1000 SKUs que provienen del área picking. A partir de esta zona de preparación se asigna ubicaciones de acuerdo con clasificación ABC y en espera a ser trasladados hacia despachos.



**Figura 3.3 Layout Packing L127, L128, L129.**

Fuente: Larena, (2025)

La figura muestra el Layout final de la zona packing de transición para el almacenamiento de mercancías ABC.

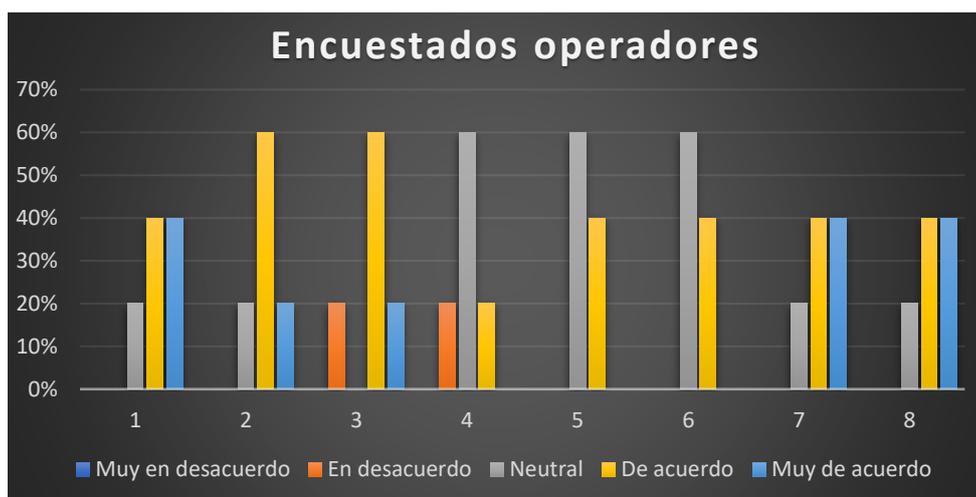
## Tablas de encuestas sobre proceso de empaques

**Tabla 11**  
**Encuesta al personal operativo.**

		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
El nuevo proceso de empaque presenta mejoras significativas en comparación con el anterior	1	0%	0%	20%	40%	40%
Considero que el nuevo proceso de empaque es más eficiente que el anterior	2	0%	0%	20%	60%	20%
El nuevo procedimiento es fácil de seguir y comprender.	3	0%	20%	0%	60%	20%
El tiempo que me toma completar un pedido con el nuevo proceso es adecuado.	4	0%	20%	60%	20%	0%
El nuevo proceso de empaque reduce la posibilidad de errores o daños en los productos	5	0%	0%	60%	40%	0%
El proceso es cómodo y seguro para realizar mi trabajo	6	0%	0%	60%	40%	0%
El nuevo proceso de empaque ha sido implementado de manera efectiva	7	0%	0%	20%	40%	40%
Los materiales utilizados y la distribución del área de empaque son adecuados	8	0%	0%	20%	40%	40%

Fuente: Larena, (2025)

Se observa una distribución variada de opiniones entre los operadores encuestados. Indican inquietud en algunas preguntas, pero quedaron conformes un 60% con el nuevo proceso ya que hace más eficiente a la hora del despacho.



**Figura 3.4 Encuesta a Operadores.**

Fuente: Larena, (2025)

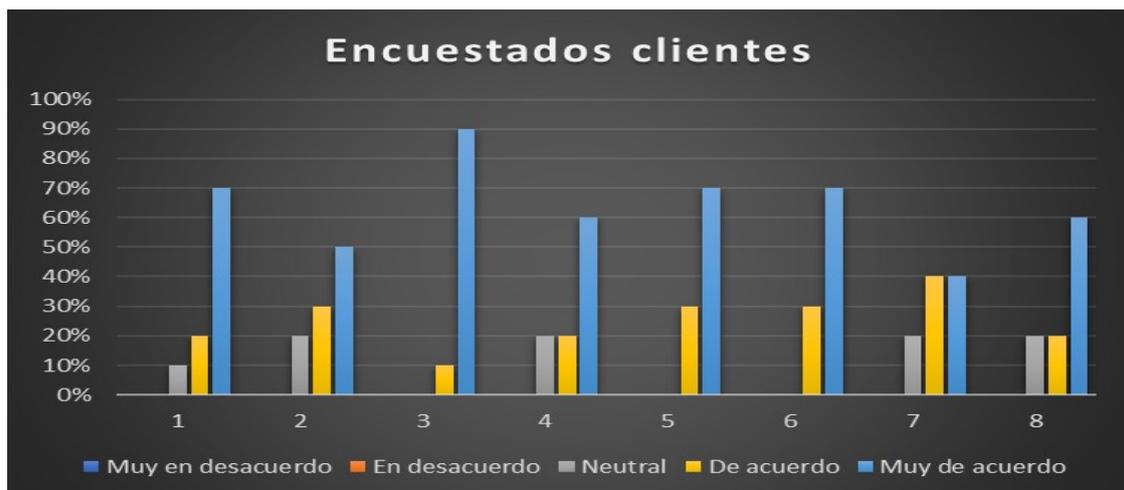
En esta figura se representa los resultados de las encuestas al personal operativo, y su percepción sobre los cambios propuestos.

**Tabla 12**  
**Tabla de encuesta a clientes.**

		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
El nuevo proceso de descarga con productos empacados por bultos ha facilitado la recepción de la mercancía	1	0%	0%	10%	20%	70%
La manipulación de los bultos durante la descarga es segura y reduce el riesgo de daños en los productos	2	0%	0%	20%	30%	50%
El tiempo necesario para descargar los productos ha mejorado con este nuevo proceso.	3	0%	0%	0%	10%	<b>90%</b>
El etiquetado y la identificación de los bultos es claro y facilita la organización de la mercancía	4	0%	0%	20%	20%	60%
El espacio y los recursos disponibles en el área de descarga son adecuados para manejar los bultos de manera eficiente	5	0%	0%	0%	30%	70%
El nuevo proceso de empaque reduce el esfuerzo físico requerido en comparación con el proceso anterior, al momento de la descarga del camión	6	0%	0%	0%	30%	70%
La capacitación recibida sobre el nuevo método de descarga ha sido suficiente para realizar la tarea correctamente.	7	0%	0%	20%	40%	40%
El nuevo proceso de empaque ayuda a minimizar errores en la recepción y almacenamiento de la mercancía	8	0%	0%	20%	20%	60%

Fuente: Larena, (2025)

La pregunta 3 muestra el mayor nivel de acuerdo, con un 90% de respuestas en "Muy de acuerdo". Esto indica una aceptación del nuevo proceso en la operación logística.



**Figura 3.5 Encuesta a Clientes.**

Fuente: Larena, (2025)

En general, se observa una alta satisfacción entre los clientes encuestados. La mayoría de las respuestas se concentran en las categorías "De acuerdo" y "Muy de acuerdo".

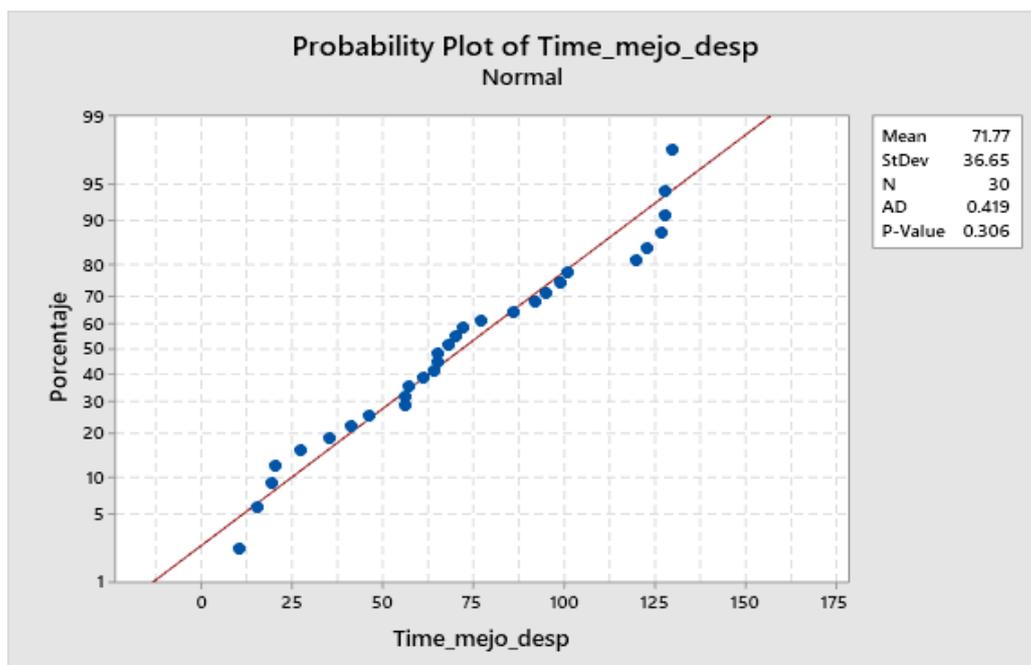
### 3.1.1. Validación de los datos obtenidos de las pruebas piloto

Para el inicio de la preparación y la validación del conjunto de datos trabajamos con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5% para el conjunto de variable tiempos de despacho. Para la estimación del tamaño de la muestra se aplicó la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{e^2(N - 1) + Z^2\sigma^2}$$

A partir, del tamaño de la muestra iniciamos la toma de datos para posterior análisis. En primera instancia tenemos que comprobar la distribución de probabilidad de variable continua tiempos de despachos.

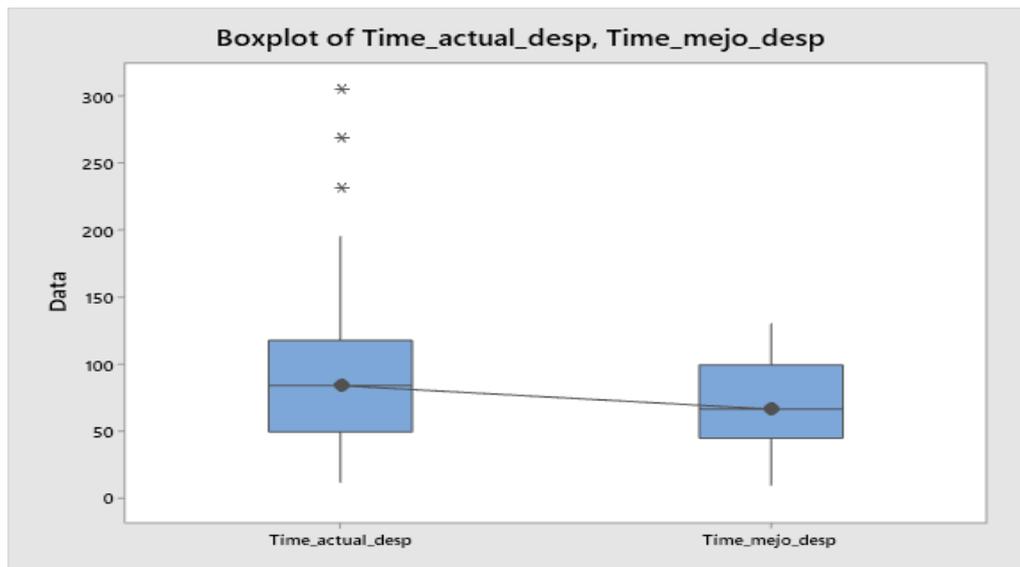
Por lo cual se realizó una prueba de normalidad para constatar si el conjunto de datos obtenidos después de la mejora sigue una distribución normal. En la Figura 3.6, se tiene un valor p de 0.306 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula es decir los datos siguen correctamente una distribución normal. Podemos seguir con el siguiente paso en la validación de datos.



**Figura 3.6 Gráfico probabilidades.**

Fuente: Larena, (2025)

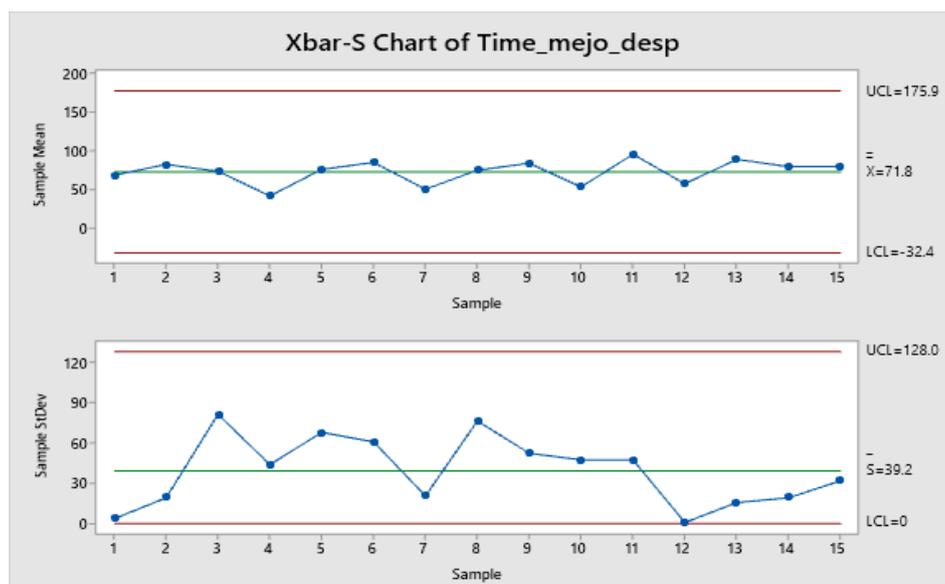
En la siguiente gráfica, se tiene la comparación de las variables del tiempo de despacho por lo que se observa una reducción del tiempo después de las mejoras implementadas. Además, se reduce la variabilidad por causas especiales por lo que no aparecen datos aberrantes en el diagrama de cajas de tiempos mejorados. Pasamos de tener tiempos de despachos de 90 min a una reducción de 15 min por despacho.



**Figura 3.7 Diagrama de cajas (antes vs propuesto).**

Fuente: Larena, (2025)

En la siguiente gráfica se tiene el control del proceso y además no se detectan variaciones especiales en el proceso de despacho.



**Figura 3.8 Gráfica de carta de control del proceso tiempo despacho (mejorada).**

Fuente: Larena, (2025)

Mediante la gráfica de control, observamos que la dispersión de los datos está alrededor de la media sin muchas fluctuaciones. Con una media de 71.8 min tenemos una desviación estándar del 39.2 min y no existe variaciones especiales. El proceso se mantiene estable dentro de sus variaciones naturales.

Por último, para descartar la diferencia entre los tiempos de despacho por provincia o local se aplica el método de la comparación de medias para muestras poblacionales con la finalidad de demostrar si existen diferencias y comparar los datos de la variable de tiempos de despacho local y provincial. Por lo cual partimos de una hipótesis nula e hipótesis alternativa con una significancia de 0.05.

## Prueba T de dos muestras e IC:

Time\_emp\_actual, Time\_emp\_prop

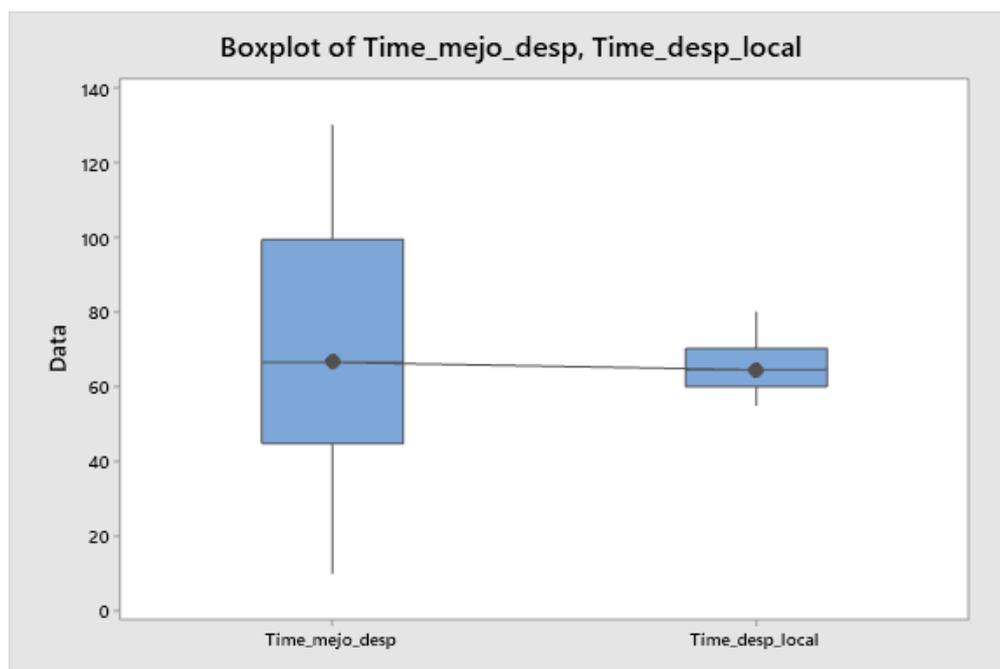
### Método

$\mu_1$ : media de Time\_emp\_actual

$\mu_2$ : media de Time\_emp\_prop

Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

*No se asumen varianzas iguales para este análisis.*



**Figura 3.9 Diagrama de cajas (comparaciones variables).**

Fuente: Larena, (2025)

Se realiza la comparación de medias para los tiempos de despacho luego de las mejoras implementadas. En el diagrama de cajas se muestran las medias y las desviaciones de los dos procesos.

### Estadística descriptiva

**Tabla 13**  
**Estadística Descriptiva.**

Muestra	N	Significar	StDev	Media SE
Time_emp_actual	30	96.0	72.7	13
Time_emp_prop	30	76.0	32.7	6.0

Fuente: Larena, (2025)

Los resultados estadísticos de las variables se muestran para cada una de las variables que son el tiempo empaque actual y propuesto. A continuación, se muestra además el intervalo de confianza con un nivel de significancia del 5%.

### Estimación de la diferencia

Diferencia	IC del 95% para Diferencia
20.0	(-9.4, 49.4)

### Prueba

Valor T	DF	Valor P
1.37	40	0.177

Dado el valor p de 0.177 se puede concluir que No se debe rechazar la hipótesis nula por lo que no estadísticamente no hay diferencia entre las variables tiempo de despacho analizadas.

### 3.1.2. Análisis de la simulación del Modelo en FlexSim

En el proceso **ACTUAL**, el área de empaque ordena sólo los productos tipo entrega Courier los prepara en bultos para posterior despacho en camiones, mientras que los pedidos locales no se realizan paquetes o bultos. Lo que genera realizar la tarea en más tiempo de lo esperado, además existen carga manual contando cada producto.

Mediante cálculos matemáticos se dieron los siguientes resultados:

#### Rendimiento de inspección en los operarios

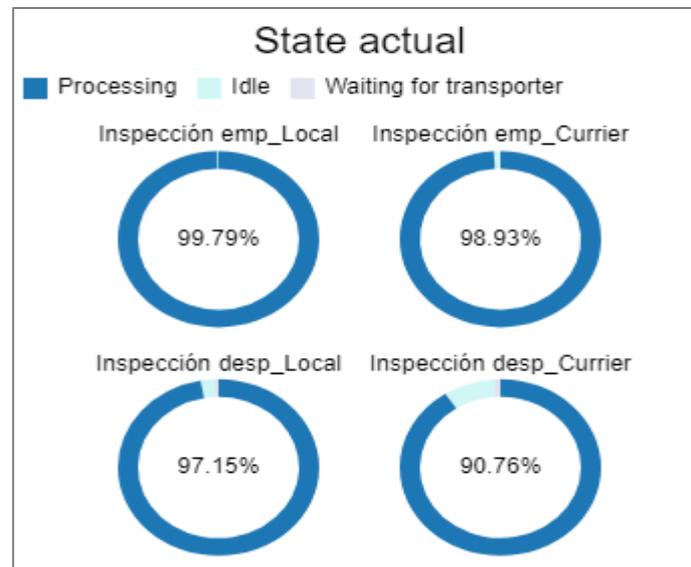


Figura 3.10 Rendimiento de las inspecciones en ambas distribuciones.  
Fuente: Larena, (2025)

#### Utilización del tiempo de empaque:

*Utilización del tiempo: (tiempo total procesando/tiempo total)*

Inps. Empaque local : 215 ud x50sg = 10750 sg

$$\text{Inps. Empaque local: } \frac{10750}{10800} 100\% = 99,53$$

$$\text{Inps. Empaque courier: } 164 \text{ ud } \times 65\text{sg} = 10660\text{sg}$$

$$\text{Inps. Empaque courier: } \frac{10660}{10800} 100\% = 98,70$$

### Utilización del tiempo de despacho:

*Utilización del tiempo: (tiempo total procesando/tiempo total)*

$$\text{Inps. Despacho local : } 131 \text{ ud } \times 80\text{sg} = 10480\text{sg}$$

$$\text{Inps. Despacho local : } \frac{10480}{10800} 100\% = 97,03$$

$$\text{Inps. Despacho courier : } 163 \text{ ud } \times 60\text{sg} = 9780\text{sg}$$

$$\text{Inps. Despacho courier: } \frac{9780}{10800} 100\% = 90,55$$

Observación: La variabilidad en la simulación, pequeñas fluctuaciones debido a la naturaleza estocástica de la simulación.

### Salida de los productos



**Figura 3.11 Salida de Productos en empaque y despacho.**

Fuente: Larena, (2025)

### Cálculo de tiempo empaque:

#### Inspección emp\_Local (tiempo: 50 segundos)

$$10,800 / 50 = 216 \text{ unidades}$$

Resultado de la simulación: 215 unidades (ligeramente menor debido a fluctuaciones)

#### Inspección emp\_Currier (tiempo: 65 segundos)

$$10,800 / 65 = 166.15 \text{ unidades}$$

Resultado de la simulación: 164 unidades (ligeramente menor debido a fluctuaciones)

**Cálculo de tiempo despacho:****Inspección desp\_Currier (tiempo: 60 segundos)**

$$10,800 / 60 = 180 \text{ unidades}$$

Resultado de la simulación: 163 unidades (menor porque está limitado por la cantidad que llega de empaque)

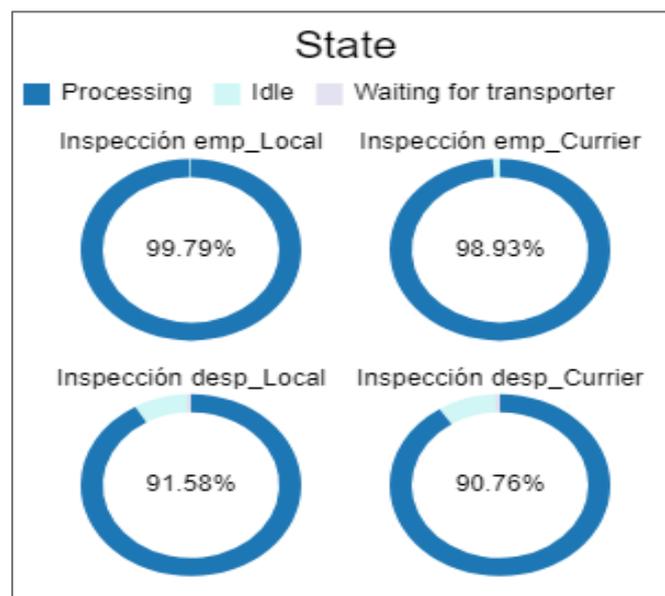
**Inspección desp\_Local (tiempo: 80 segundos)**

$$10,800 / 80 = 135 \text{ unidades}$$

Resultado de la simulación: 131 unidades (menor debido a dependencias de proceso)

En el proceso **PROPUESTO**, el área de empaque ordena todos los productos en bultos para minimizar el tiempo de inspección en el área de despacho. Permitiendo cargar todos los bultos más eficientes en comparación con el proceso actual.

**Mediante cálculos matemáticos se dio los resultados:  
Rendimiento de inspección en los operarios.**



**Figura 3.12 Rendimiento de las inspecciones en ambas distribuciones.**  
Fuente: Larena, (2025)

**Utilización del tiempo de empaque:**

*Utilización del tiempo: (tiempo total procesando/tiempo total)*

$$\text{Inps. Empaque local} : 165 \text{ ud} \times 65 \text{ sg} = 10725 \text{ sg}$$

$$\text{Inps. Empaque local} \frac{10750}{10800} 100\% = 99,30$$

$$\text{Inps. Empaque currier} : 164 \text{ ud} \times 65 \text{ sg} = 10660 \text{ sg}$$

$$\text{Inps. Empaque currier} \frac{10660}{10800} 100\% = 98,70$$

### Utilización del tiempo de despacho:

$$\text{Inps. Despacho local} : 164 \text{ ud} \times 60\text{sg} = 9840\text{sg}$$

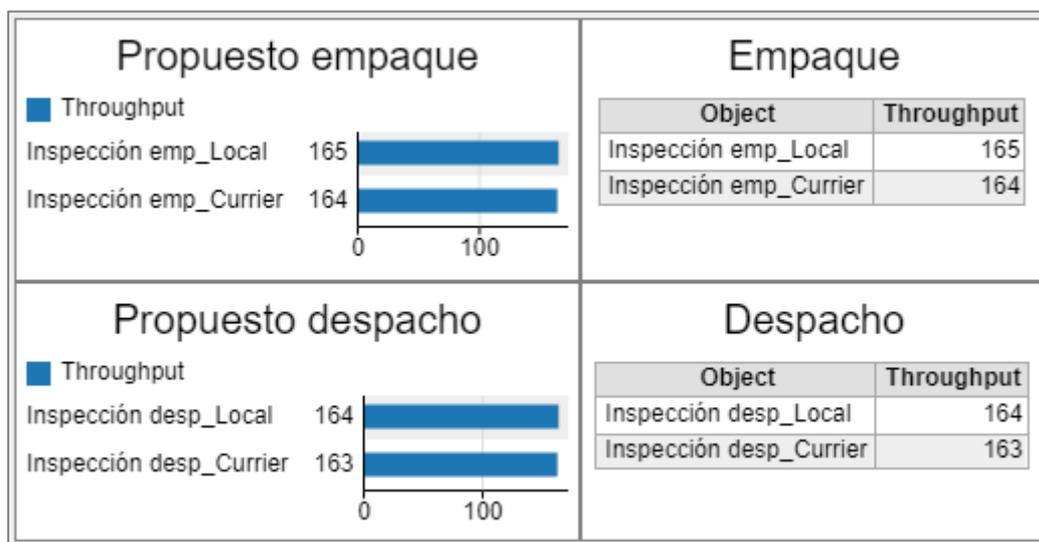
$$\text{Inps. Despacho local} \frac{9840}{10800} 100\% = 91,11$$

$$\text{Inps. Despacho currier} : 163 \text{ ud} \times 60\text{sg} = 9780\text{sg}$$

$$\text{Inps. Despacho local} \frac{9780}{10800} 100\% = 90,55$$

Observación: Variabilidad en la simulación, pequeñas fluctuaciones debido a la naturaleza estocástica de la simulación.

### Salida de los productos



**Figura 3.13 Salida de Productos en empaque y despacho.**

Fuente: Larena, (2025)

### Inspección empaque Local:

$$10,800 / 65 = 166.15 = 166 \text{ unidades}$$

Resultado en simulación: 165 unidades (ligera mente menor por variabilidad estocástica)

### Inspección empaque Courier:

$$10,800 / 65 = 166.15 = 166 \text{ unidades}$$

Resultado en simulación: 164 unidades (ligera mente menor por variabilidad estocástica)

### Inspección despacho Local:

$$10,800 / 60 = 180 \text{ unidades}$$

Resultado en simulación: 164 unidades (limitado por la cantidad que llega de empaque)

Diferencia con capacidad máxima:  $180 - 164 = 16$  unidades de capacidad sin utilizar

**Inspección despacho Courier:**

$$10,800 / 60 = 180 \text{ unidades}$$

Resultado en simulación: 163 unidades (limitado por la cantidad que llega de empaque)

Diferencia con capacidad máxima:  $180 - 163 = 17$  unidades de capacidad sin utilizar

Los resultados indican que en el modelo propuesto hay un mejor balance entre las capacidades de empaque y despacho.

Por medio de la recolección de datos se pudo determinar tiempos, previo a la simulación. Estos registros se encontrarán con más detalles en los anexos.

Esta tabla, registra los tiempos tomados del proceso actual, así mismo se estimó mejoras en los tiempos y cantidades

**Tabla 14**  
**Tiempos actuales y propuestos (seg).**

540	10800	Source	0,20 exponencial	Tiempo empaque(seg)	Tiempo despacho(s)	Unds empaque	Unds despachos	
216	<b>ACTUAL</b>	Couriers	40%	65	60	166	180	-14
324		Local	60%	50	80	216	135	81
				<b>115</b>	<b>140</b>	<b>382</b>	<b>315</b>	
216	<b>PROPUESTO</b>	Couriers	40%	65	60	166	180	-14
324		Local	60%	65	60	166	180	-14
				<b>130</b>	<b>120</b>	<b>332</b>	<b>360</b>	

Fuente: Larena, (2025)

Se observa que la reducción de tiempos de despacho permitió un flujo más ágil en la operación. Para poder concluir que, si existen mejoras en el nuevo proceso, se analizaron factores como:

- La reducción en tiempos de carga se obtiene, debido a que puede cargar entre 30 a 45 cajas más en el lapso de 3 horas.
- La mejora en la distribución de pedidos en área de empaques es más efectiva porque ahora todo va empacado y se puede almacenar ocupando menos espacio.
- La minimización de tiempos muertos en el flujo de trabajo, como se puede apreciar los procesos empaque están por encima del 99% y de despachos el 90%.

Esta evaluación ha permitido detectar posibles ajustes en el modelo antes de su implementación definitiva.

### 3.1.3. Resultados del desarrollo del modelo matemático en GAMS

El modelo matemático desarrollado, optimiza la asignación de carga en camiones, considerando restricciones de volumen, peso y rutas de entrega.

### Optimización de pedidos a camiones

El proceso automático de asignación de pedidos (bultos) a camiones, mediante el uso del software, pudo reducir tiempos en la asignación de camiones, reducir errores en la carga y minimizar los costos logísticos.

El conjunto de todos los pedidos es asignado correctamente a un solo camión optimizando el espacio en volumen.

**Tabla 15**  
**Resultados del modelo de asignación.**

	camión 1	camión 2	camión 3	camión 4	camión 5	camión 6	camión 7	camión 8	camión 9	camión 10
pedido1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
pedido2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
pedido3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
pedido4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
pedido5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
pedido6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
pedido7	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
pedido8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
pedido9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
pedido10	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

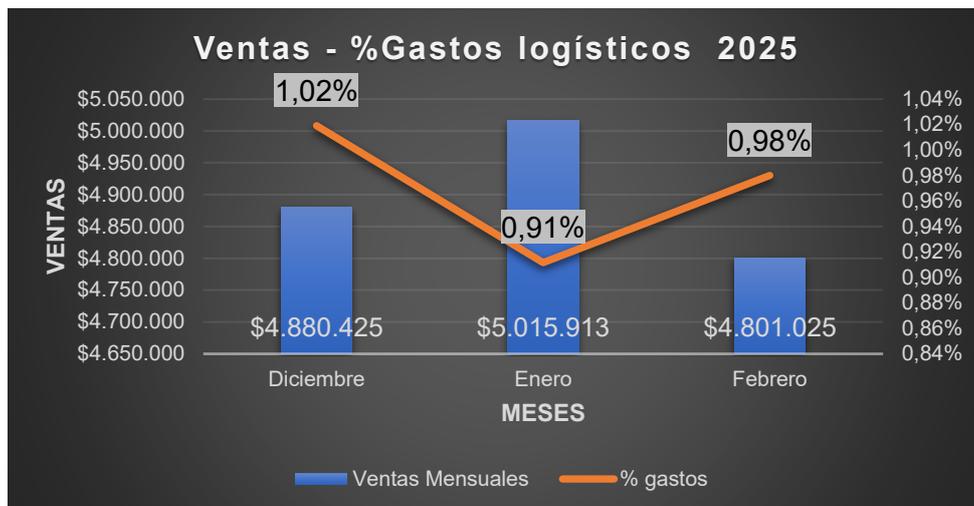
Fuente: Larena, (2025)

En la tabla 15, se visualizan los resultados arrojados por el modelo de optimización. Los resultados de la variable x, tenemos que cada pedido es asignado a un camión correspondiente mediante la solución del modelo.

Se observa que el camión 1 y el camión 3 contiene el 60% de la carga total por ser despachada durante el día. En una ruta normal ejecutada por día que se despachan por estándar un volumen de 200 metros cúbicos. Antes en el área de despacho teníamos un total de 6 camiones diarios con un valor de \$1500. Con la nueva implementación tenemos una asignación de 4 camiones, cubriendo el total del volumen de los pedidos y cubriendo el volumen mínimo estándar de los camiones.

En el siguiente indicador de % gastos logísticos el cual abarca los parámetros de gastos insumos, gastos mano de obra y horas extras, se puede observar que antes teníamos un promedio % gastos logísticos sobre el ingreso de ventas de alrededor del 1.2% de impacto sobre mis ventas totales.

Actualmente con la mejora en la asignación tenemos que los % Gastos Logísticos se establece por debajo del 1.0% como se muestra en la Figura 3.14.



**Figura 3.14 Indicador Logístico – Optimizado.**

Fuente: Larena, (2025)

#### Detalle de las fuentes de información usadas en la metodología

Para evaluar el impacto de la optimización, como se mencionó en capítulo 2, se definieron diversas fuentes de información y se elaboró un plan de recolección de datos con responsables y frecuencias, estableciendo objetivo y tipo de datos, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 16**  
**Fuentes de recopilación establecidas.**

Fuente de información	Objetivo	Datos extraídos	Frecuencia de recolección	Responsable	Tipo de datos
<b>Sistema ERP-Odoo</b>	<b>Análisis Cuantitativo</b> Evaluar la eficiencia actual del proceso de despacho y detectar puntos de mejora	Tiempos de despacho	Diaria	Supervisor	Cuantitativo
		Número de pedidos procesados	Diaria	Supervisor	
		Capacidad de carga - errores en la asignación	Diaria	Supervisor	
		Costos logísticos	Semanal	Analista	
<b>Observación directa</b>	<b>Monitoreo en tiempo real</b> Identificar ineficiencias en el flujo de trabajo y posibles oportunidades de optimización	Registro de tiempos y errores	Diaria	Analista	Cuantitativo
		Tiempos muertos	Diaria	Analista	
		Manipulación de productos	Diaria	Analista	
<b>Entrevistas al personal</b>	<b>Información Cualitativa</b> Evaluar la viabilidad de los cambios propuestos	Percepción del proceso	Semanal	Analista	Cualitativo
		Dificultades en la ejecución de tareas	Semanal	Analista	
<b>Encuestas a operarios</b>	Incorporar el conocimiento del personal de despacho en la optimización del modelo	Problemas operativos	Semanal	Analista	Cualitativo
		Registro de tiempos y errores en la verificación de carga	Semanal	Analista	
<b>Herramientas Handheld y escáner</b>	<b>Analizar registros</b> Evaluar la efectividad de la automatización en el conteo y verificación de carga	Comparación de tiempos de despacho antes/después	Semanal	Analista	Cuantitativo
		Tasas de error en la asignación de carga	Semanal	Analista	
		Costos de distribución	Semanal	Analista	
<b>Simulación en FlexSim y Optimización en GAMS</b>	<b>Evaluar escenarios</b> Evaluar la viabilidad de la simulación y el modelado con su impacto esperado en la operación, previo a la implementación real.	Datos sobre optimización de asignación de carga	Diaria	Analista	Cuantitativo
		Tiempos simulados y costos estimados	Diaria	Analista	

Fuente: Larena, (2025)

Esta tabla, detalla las fuentes de datos y sirvió de referencia para la ejecución de la recolección de los datos necesario para poder obtener información relevante.

### 3.2. Resultados obtenidos y Comparación Antes vs. Después

Explicar con detalle qué significan los resultados obtenidos y evaluar su impacto.

Los resultados obtenidos en la prueba piloto permitieron medir la efectividad de la optimización. Se compararon métricas claves antes y después de la implementación, obteniendo mejoras significativas en tiempos, precisión en asignación de carga y eficiencia operativa.

**Tabla 17**  
**Tabla comparativa de indicadores (antes y después).**

Indicador	Antes de la optimización	Después de la optimización	Mejora (%)
Tiempo promedio de despacho (min)	90	75	16.7%
Errores en proceso de carga (%)	95	83	12.6%
Reducción de costos logísticos (%)	1.1%	1.0%	10%
Reducción horas extras	425	370	12.8%

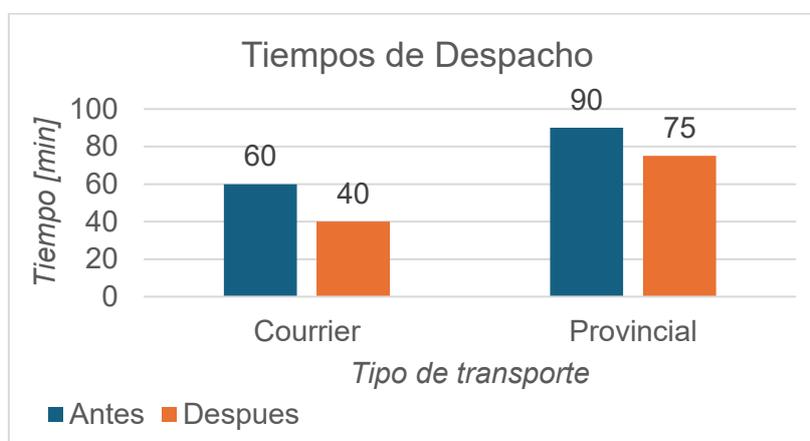
Fuente: Larena, (2025)

Los resultados de que muestra la **tabla 17** son significativos y validan los modelos propuestos para este Proyecto; y a continuación se resalta 3 datos importantes.

**Impacto en tiempos de despacho:** La reducción del 16.7% equivale una disminución de 15 minutos, permitiendo despachar un 12% más pedidos al día.

**Disminución de errores en asignación:** Se evitaron fallos en la distribución de carga, mejorando la precisión del despacho, y permitió reducir 10% en los costos.

**Optimización del proceso de carga:** Existe una mejor gestión de empaque y carga de pedidos disminuyendo 45 horas extras, logrando una reducción del 12.8%



**Figura 3.15 Tiempos de carga en camiones.**

Fuente: Larena, (2025)

Esta figura 3.15 representa gráficamente la reducción de tiempos, lo cual es positivo y parte de los resultados esperados dentro del proyecto.

### 3.2.1. Análisis de Sensibilidad

En el presente estudio de evaluaciones financieras con respecto al generación de proyectos. Se analizaron opciones viables y económicas para la implementación del modelo entre aquellas que fueron validadas por jefe inmediato.

Se lograron los siguientes resultados de la evaluación financiera para la viabilidad del proyecto. En cuanto a características para la complementación en las mejoras que ayuden a la mejora del modelo. Como uno de los principales criterios es generar mejorar en el ERP que administra la empresa ya que no se cuenta con disponibilidad de adquirir un WMS. A continuación, se despliega una serie de adquisiciones con sus respectivos valores y vida útil del mercado.

**Tabla 18**  
**Costo de la Inversión Inicial del Proyecto.**

	Inversión Inicial	Vida Útil
Implementación en Odoos asignación de pedidos a transporte.	\$ 1,000.00	5 años
Capacitación de usabilidad del modelo a coordinadora transporte.	\$ -	1 año
Rediseño de Layout de inventario de alta rotación.	\$ 200.00	5 años
Compra de montacargas eléctrico.	\$ 25,000.00	10 años
Rediseño de zona de recepción y despacho.	\$ 1,500.00	5 años
Compra de Handheld.	\$ 200.00	5 años
<b>Total</b>	<b>\$ 17,900.00</b>	

Fuente: Larena, (2025)

En la tabla 18, se detalla los valores incurridos por la adquisición de herramientas e implementación de mejoras en el proyecto. Son necesarias dentro de la ejecución del proyecto lo mostrado anterior obteniendo un valor total de \$17,900. Esta inversión tiene una vida útil lo cual genera un margen de ganancia. A continuación, se muestra los valores.

**Tabla 19**  
**Ingresos y Gastos.**

Despacho Provincias	Gastos Logísticos			Ingresos	Flujo Neto
	Costo Camiones	Costos operativos	Inversión Inicial		
0			\$ -17,900.00		\$ -17,900.00
Despacho 1	\$ 450	\$50	\$ 500.00	\$ 49,806	\$ 49,306.40
Despacho 2	\$ 450	\$75	\$ 525.00	\$ 34,251	\$ 33,725.51
Despacho 3	\$ 450	\$100	\$ 550.00	\$ 28,723	\$ 28,173.22
Despacho 4	\$ 450	\$120	\$ 570.00	\$ 25,951	\$ 25,381.38
Despacho 5	\$ 450	\$100	\$ 550.00	\$ 21,547	\$ 20,996.82
Despacho 6	\$ -	\$240	\$ 240.00	\$ 21,470	\$ 21,229.50

Fuente: Larena, (2025)

En la tabla 19, se tienen costos que varían con el volumen de despacho por lo que tenemos valores ingresos conforme al área comercial de ventas. Aquellos valores de gastos logísticos son propios del centro de distribución suman el total de la inversión única de \$17,900 mientras que ingreso por ventas y despacho suma \$175,912. Por lo que mediante un análisis de rentabilidad financiera  $\% \text{ Rent} = \frac{17900}{178,812}$  tiene un impacto del **10%** sobre el total de ingresos por ventas. Por lo cual se establece, que el proyecto es rentablemente viable con la aplicación del modelo y mejoras para el flujo de materiales en el área.

#### Evaluación del desempeño del modelo:

- **Reducción del tiempo de asignación de carga**, logrando optimizar la gestión actual realizada por la coordinación de transporte.
- **Minimización de costos de transporte**, evidenciada en el análisis realizado y respaldada por el indicador de costos, que se reduce en un 1%.
- **Optimización del uso del volumen en los camiones**, ajustando las restricciones de capacidad para una mejor eficiencia en la distribución.

#### Comparación de escenarios

- Resultados obtenidos de la propuesta frente a la operación manual.
- Análisis de la precisión del modelo en diferentes condiciones de carga.

### 3.3. Barreras y factores de éxito en la implementación

Como en toda implementación de mejora operativa, se presentan diversos desafíos durante la ejecución de la prueba piloto. Sin embargo, los factores clave contribuyeron al éxito del modelo.

#### Barreras encontradas:

- **Resistencia del personal:** inicialmente, hubo dificultades en la adopción del nuevo sistema, debido a la costumbre del proceso anterior.
- **Limitaciones técnicas en la integración con el ERP:** La falta de automatización completa generó ciertas tareas manuales adicionales.
- **Variabilidad en los pedidos:** Fue necesario ajustar parámetros del modelo para adaptarse a fluctuaciones en la demanda y al volumen de la carga.

#### Factores de éxito:

- **Capacitación del personal:** La formación previa fue clave para asegurar el uso adecuado de las nuevas herramientas.
- **Validación previa con simulación:** FlexSim permitió prever escenarios antes de la implementación real, reduciendo riesgos.
- **Monitoreo en tiempo real:** Se realizó un seguimiento constante de los KPIs, permitiendo ajustes inmediatos.

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo se enfoca en los siguientes puntos:

**Presentar** las conclusiones una vez obtenido resultados.

**Explicar** el impacto de la implementación basada en la metodología aplicada.

**Sugerir** recomendaciones y oportunidades de mejora.

Los resultados de la prueba piloto realizada para este proyecto, demostró una reducción en los tiempos de despacho, la disminución de errores en la asignación de carga y la optimización del uso de los recursos logísticos. Esta confirma la viabilidad del modelo en un entorno real de operación, por lo cual se cumple con el objetivo general y con los objetivos específicos establecidos al inicio del proyecto.

#### 4.1. Conclusiones generales

La finalidad de la conclusión es sintetizar los principales hallazgos del proyecto y su impacto en el proceso de despacho.

El presente proyecto permitió optimizar el proceso de despacho en la empresa, **cumpliendo con el objetivo general propuesto** mediante la aplicación de herramientas de simulación y modelamiento matemático. A través del diseño e implementación de un piloto controlado, fue posible validar mejoras significativas en la eficiencia operativa, reducción de tiempos de carga y disminución de costos logísticos.

En cuanto al **primer objetivo** específico, se logró identificar de manera precisa las deficiencias del proceso actual de despacho. El análisis detallado de los registros del ERP, junto con la observación directa y entrevistas con personal operativo, evidenció que aproximadamente el 20% de los pedidos sobrepasaba los tiempos establecidos para su entrega y un 15% presentaba inconsistencias en cantidad o calidad. Además, se constató una utilización ineficiente del espacio en los camiones, así como tiempos muertos prolongados durante la carga.

Respecto al **segundo objetivo**, se desarrolló un modelo de simulación utilizando la herramienta FlexSim, el cual permitió visualizar de forma dinámica el flujo de empaque y despacho. La simulación mostró una mejora del 14.3% en la reducción de tiempos muertos, así como una carga más ordenada y eficiente cuando se trabajaba por bultos identificados. Esto validó la factibilidad del rediseño del layout y de la operación propuesta.

En relación con el **tercer objetivo**, se diseñó un modelo matemático de asignación de carga en camiones empleando el lenguaje GAMS. El modelo consideró restricciones operativas como peso, volumen y destino, y permitió reducir en un 9.5% el número total de viajes necesarios para atender la misma demanda. Además, se logró un aprovechamiento del 10.4% adicional de la capacidad útil de los vehículos, reduciendo los espacios vacíos y mejorando el rendimiento del transporte.

Para cumplir con el **cuarto objetivo**, se implementó un piloto en una sección controlada del proceso de despacho. Esta validación permitió aplicar los cambios metodológicos con el personal operativo y recopilar datos reales bajo las nuevas condiciones. Como resultado, el tiempo promedio de carga por pedido se redujo en 16.7%, y las horas extras requeridas por el equipo operativo disminuyeron en 12.8%.

Finalmente, en el cumplimiento del **quinto objetivo**, se realizó un análisis comparativo entre los indicadores clave antes y después de la implementación. Se evidenció una mejora sustancial en eficiencia operativa, reducción de errores en la carga y ahorro en costos logísticos. Estos resultados validaron el enfoque propuesto y demostraron que la metodología aplicada es replicable y escalable en otras áreas logísticas de la empresa.

En resumen, todos los objetivos planteados fueron alcanzados, y los resultados obtenidos respaldan la efectividad del rediseño implementado. El proyecto ha permitido transformar un proceso manual y empírico en un modelo técnico, optimizado y basado en datos reales, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones estratégicas para la organización.

## 4.2. Recomendaciones

Si bien los resultados obtenidos en la prueba piloto fueron positivos, existen oportunidades de mejora que podrían potenciar aún más los beneficios del modelo optimizado.

Con base en los resultados alcanzados, se recomienda formalizar la implementación del nuevo proceso de despacho a nivel general, incorporando de forma permanente el modelo matemático de asignación de carga y el enfoque de carga por bultos. Esto requerirá una estandarización operativa y el fortalecimiento de la coordinación entre las áreas de logística, transporte y almacenamiento.

También se recomienda establecer un programa de capacitación continua para el personal operativo, a fin de garantizar el correcto uso de las herramientas y la aplicación de los procedimientos rediseñados. La participación del equipo en la validación del piloto demostró que su involucramiento es clave para el éxito del cambio.

Es recomendable realizar un seguimiento constante de los indicadores clave de desempeño (KPI), tales como el tiempo promedio de despacho, errores en la carga, uso de la capacidad de los camiones y horas extras. Estos datos permitirán mantener control operativo y realizar ajustes necesarios en tiempo real.

Finalmente, aunque este proyecto no contempló desarrollos en el ERP actual, los resultados obtenidos brindan evidencia técnica suficiente para considerar, en el mediano plazo, la adopción de soluciones tecnológicas específicas para la planificación de carga, tales como sistemas OMS (Order Management System) o TMS (Transportation Management System), que complementen y automaticen el proceso actual.

## **Cierre del Proyecto**

El presente trabajo de titulación permitió abordar un problema operativo real desde una perspectiva analítica y técnica, aplicando herramientas de simulación y optimización para rediseñar el proceso de despacho de una empresa con alta exigencia logística. Los resultados obtenidos validaron que las soluciones planteadas son aplicables y efectivas, generando beneficios medibles tanto operativos como económicos.

El cumplimiento de los objetivos propuestos, el desarrollo riguroso de la metodología y la aplicación en campo consolidan este proyecto como una solución viable y sustentable. Su documentación y análisis pueden servir de referencia para futuras mejoras dentro de la organización. Con esto concluye la ejecución formal del proyecto, habiéndose alcanzado los propósitos establecidos en el marco del proceso de titulación.

Se recomienda a la empresa continuar con la evolución del modelo implementado, incorporando tecnologías emergentes que fortalezcan la gestión logística y permitan una toma de decisiones más ágil y fundamentada. Con estas estrategias, se asegura una mejora continua en la operación y una ventaja competitiva en el mercado.

## Bibliografía

- Alicante, U. d. (06 de Febrero de 2012). *Simulación de un proceso industrial mediante el software FlexSim* . Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20587/1/Simulacion\\_de\\_un\\_proceso\\_industrial\\_mediante\\_FlexSim.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20587/1/Simulacion_de_un_proceso_industrial_mediante_FlexSim.pdf)
- Banks, J. C. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. 4a Ed. Prentice-Hall, N. Castle.
- Chase Richard, J. R. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro* . Obtenido de <http://eddymercado.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/10/libro-administración-de-operaciones-producción-y-cadena-de-suministro-chase-aquilano.pdf>
- Escobar, M. H. (Marzo de 2009). *GAMS, ejemplos introductorios*. Obtenido de [https://hectormora.info/gams\\_ejem.pdf](https://hectormora.info/gams_ejem.pdf)
- GAMS. (2025). Obtenido de Software Shop: <http://software-shop.com/producto/gams>
- Hernandez Roberto, F. C. (2010). *Metodología de la Investigación* . Obtenido de [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodología-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n\\_sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodología-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf)
- Hernández, D. R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico.
- Lincoln, N. K. (2005). *La entrevista en investigación cualitativa* (Tercera ed.). Texas: Sage Publications, Inc. Obtenido de [https://pics.unison.mx/maestria/wp-content/uploads/2020/05/manual\\_investigación\\_cualitativa.pdf](https://pics.unison.mx/maestria/wp-content/uploads/2020/05/manual_investigación_cualitativa.pdf)
- Meindl, S. C. (2019). *Supply Chain Management*. 7th edition.
- Tarriba, J. D. (13 de JULIO de 2023). *Gestión de Inventario en Odoo: Optimiza tu negocio y potencia tu Logística*. Obtenido de Eclosion IT: <https://www.eclosionit.com/blog/blog-1/gestion-de-inventario-en-odoo-optimiza-tu-negocio-y-potencia-tu-logística-5>
- Torres, M. (2003). *Sistemas de almacenaje y picking*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/616338885/Libro-Sistemas-de-Almacenaje-y-Picking-M-Mauleo-n-Torres>
- Vermorel, J. (2020). *LOKAD*. Obtenido de Análisis ABC (Inventario): <https://www.lokad.com/es/análisis-abc-inventario-definición/>

# ANEXOS

					TIEMPO PROPUESTO COURIERS(min)										
SO/SRO	N° DE OPERADORES	N° DE ARTÍCULOS	DESCRIPCIÓN	PESO(Kg)	A.EMPAQUE				PRODUCTOS EMPACADOS		A.DESPACHO				PROMEDIO DE TIEMPO
					TIEMPO REAL	TIEMPO OSEO	TOTAL DE TIEMPO	OBSERVACIÓN	SI	NO	TIEMPO REAL	TIEMPO OSEO	TOTAL DE TIEMPO	OBSERVACIÓN	
SO 94754	1	11	TUBOS PVC 3MTS	100	35		60			X	60		60		
			MATERIALES VARIOS	200					X						
SO 05645	1	52	TUBOS PVC 3MTS	100	45		70			X	60		60		
			SOLDADURA, AMARRAS, CONECTORES, TACOS	300					X						
							65						60	63	

					TIEMPO PROPUESTO LOCAL(min)										
SO/SRO	N° DE OPERADORES	N° DE ARTÍCULOS	DESCRIPCIÓN	PESO(Kg)	A.EMPAQUE				PRODUCTOS EMPACADOS		A.DESPACHO				PROMEDIO DE TIEMPO
					TIEMPO REAL	TIEMPO OSEO	TOTAL DE TIEMPO	OBSERVACIÓN	SI	NO	TIEMPO REAL	TIEMPO OSEO	TOTAL DE TIEMPO	OBSERVACIÓN	
SO 94180	1	16	TUBO, CAJA PVC, CODO PRESIÓN, CONECTORES, TAPA, CENTRO DE CARGA	250	64	4	68	4 MIN DE TIEMPO OSEO POR BÚSQUEDA DE LOS PICKADORES POR FALTANTE DE PRODUCTO.	X		45	25	65	TIEMPO OSEO DE 25 MIN POR CARGA DE TUBERÍA AL PALLET	
SRO 22396	1	12	PATCH CORD, BANDEJA SIMPLE, SWITCH, DISCO DURO, CÁMARA TIPO DOMO Y BALA, CONECTOR JAOK	315	87	8	95	8 MIN DE TIEMPO OSEO POR BÚSQUEDA DE LOS PICKADORES POR FALTANTE DE PRODUCTO.	X						
SO 94422	2.00	16.00	CONECTORES, CODOS, CAJA RECTANGULARES, CAJAS CUADRADAS	100	125	5	130	5 MIN DE TIEMPO OSEO POR BÚSQUEDA DE LOS PICKADORES POR FALTANTE DE PRODUCTO.	X		60		55		
			TUBOS PVC 3 MIT	100	15		15	PRODUCTO QUE NO PUEDE SER EMPACADOS		X					
SO 94619	1.00	12.00	TERMINALES, CABLES	443	72		72	PRODUCTO QUE NO PUEDE SER EMPACADOS	X		60				
			BOBINAS, ELECTROCANALES	300	10		10	PRODUCTO QUE NO PUEDE SER EMPACADOS		X					
							65						60	62.50	

Fuente: Larena, (2025)

# Encuestas a Operarios y Clientes

### ENCUESTA SOBRE EL NUEVO PROCESO DE EMPAQUE

27 de febrero de 2025

Lugar de la formación :   
 Encuestado :   
 Cargo : *Montacarguista*

*Por favor, califique cuánto está de acuerdo con las siguientes afirmaciones.*

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy De acuerdo
El nuevo proceso de empaque presenta mejoras significativas en comparación con el anterior.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Considero que el nuevo proceso de empaque es más eficiente que el anterior.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo procedimiento es fácil de seguir y comprender.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El tiempo que me toma completar un pedido con el nuevo proceso es adecuado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque reduce la posibilidad de errores o daños en los productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El proceso es cómodo y seguro para realizar mi trabajo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque ha sido implementado de manera efectiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los materiales utilizados y la distribución del área de empaque son adecuados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Observación del encuestador:**  
*El encuestado nos indica que está en desacuerdo que el proceso es fácil de seguir, ya que hay productos que se requiere de un empaque mayor y dar más tiempo de empaque para dicho producto.*

### ENCUESTA SOBRE EL NUEVO PROCESO DE EMPAQUE

27 de febrero de 2025

Lugar de la formación :   
 Encuestado :   
 Cargo : *Empacador.*

*Por favor, califique cuánto está de acuerdo con las siguientes afirmaciones.*

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy De acuerdo
El nuevo proceso de empaque presenta mejoras significativas en comparación con el anterior.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considero que el nuevo proceso de empaque es más eficiente que el anterior.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo procedimiento es fácil de seguir y comprender.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El tiempo que me toma completar un pedido con el nuevo proceso es adecuado.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque reduce la posibilidad de errores o daños en los productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El proceso es cómodo y seguro para realizar mi trabajo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque ha sido implementado de manera efectiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los materiales utilizados y la distribución del área de empaque son adecuados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Observación del encuestador:**  
*El encuestador reconoce mejoras en eficiencia y facilidad de uso, pero nos indica que le toma más tiempo al momento de empaquetar.*

**Gráfica 1: Encuesta a Operarios de Empaque.**  
Fuente: Larena, (2025)

### ENCUESTA SOBRE EL NUEVO PROCESO DE EMPAQUE

28 de febrero de 2025

Lugar de la formación : *Guayaquil*  
 Encuestado :

*Por favor, califique cuánto está de acuerdo con las siguientes afirmaciones.*

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy De acuerdo
El nuevo proceso de descarga con productos empacados por bultos ha facilitado la recepción de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La manipulación de los bultos durante la descarga es segura y reduce el riesgo de daños en los productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El tiempo necesario para descargar los productos ha mejorado con este nuevo proceso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El etiquetado y la identificación de los bultos es claro y facilita la organización de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El espacio y los recursos disponibles en el área de descarga son adecuados para manejar los bultos de manera eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque reduce el esfuerzo físico requerido en comparación con el proceso anterior, al momento de la descarga del camión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La capacitación recibida sobre el nuevo método de descarga ha sido suficiente para realizar la tarea correctamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque ayuda a minimizar errores en la recepción y almacenamiento de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

**Observación del encuestador:**  
*Se identificaron dudas en el proceso, pero se evidencian una alta aceptación en cuanto a su eficiencia durante la descarga.*

### ENCUESTA SOBRE EL NUEVO PROCESO DE EMPAQUE

28 de febrero de 2025

Lugar de la formación : *Guayaquil*  
 Encuestado :

*Por favor, califique cuánto está de acuerdo con las siguientes afirmaciones.*

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy De acuerdo
El nuevo proceso de descarga con productos empacados por bultos ha facilitado la recepción de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
La manipulación de los bultos durante la descarga es segura y reduce el riesgo de daños en los productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El tiempo necesario para descargar los productos ha mejorado con este nuevo proceso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El etiquetado y la identificación de los bultos es claro y facilita la organización de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El espacio y los recursos disponibles en el área de descarga son adecuados para manejar los bultos de manera eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque reduce el esfuerzo físico requerido en comparación con el proceso anterior, al momento de la descarga del camión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La capacitación recibida sobre el nuevo método de descarga ha sido suficiente para realizar la tarea correctamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque ayuda a minimizar errores en la recepción y almacenamiento de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

**Observación del encuestador:**  
*Se presentaron inquietudes respecto a la implementación de este nuevo proceso, sin embargo, hay una conformidad en cuanto a su eficiencia, eficiencia durante la descarga del camión.*

### ENCUESTA SOBRE EL NUEVO PROCESO DE EMPAQUE

28 de febrero de 2025

Lugar de la formación : *Guayaquil*  
 Encuestado :

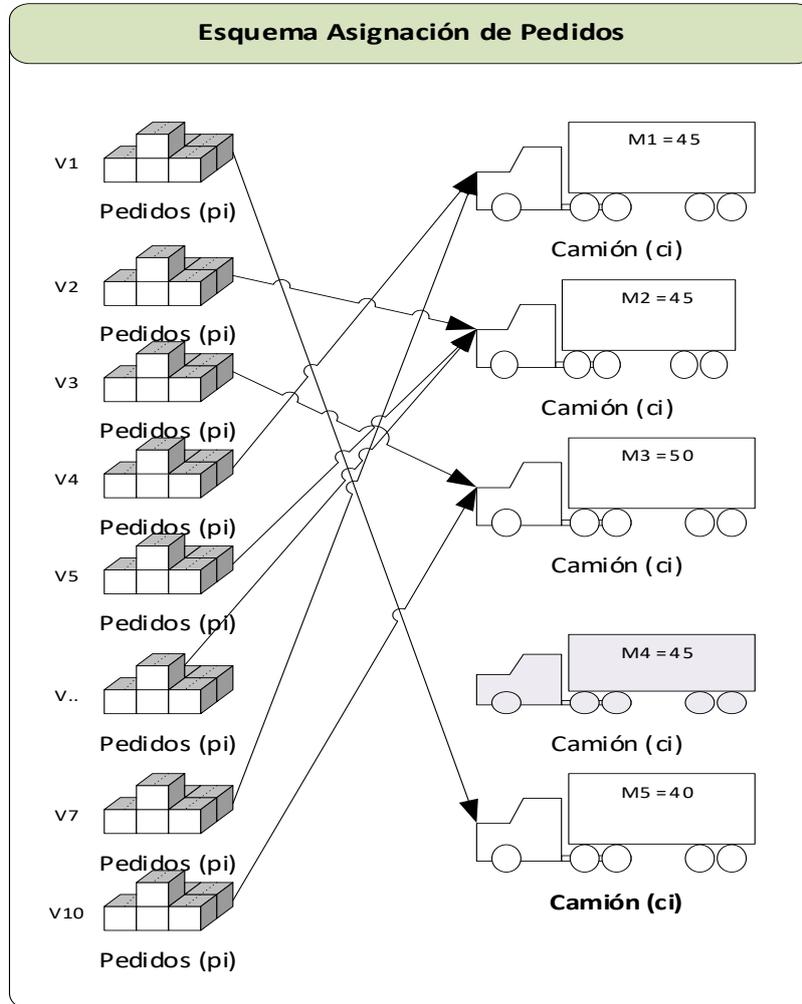
*Por favor, califique cuánto está de acuerdo con las siguientes afirmaciones.*

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy De acuerdo
El nuevo proceso de descarga con productos empacados por bultos ha facilitado la recepción de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La manipulación de los bultos durante la descarga es segura y reduce el riesgo de daños en los productos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El tiempo necesario para descargar los productos ha mejorado con este nuevo proceso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El etiquetado y la identificación de los bultos es claro y facilita la organización de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El espacio y los recursos disponibles en el área de descarga son adecuados para manejar los bultos de manera eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque reduce el esfuerzo físico requerido en comparación con el proceso anterior, al momento de la descarga del camión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La capacitación recibida sobre el nuevo método de descarga ha sido suficiente para realizar la tarea correctamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
El nuevo proceso de empaque ayuda a minimizar errores en la recepción y almacenamiento de la mercancía.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

**Observación del encuestador:**  
*Los respuestas reflejan una percepción mayormente positiva, se destaca que la recepción de los productos han mejorado.*

**Gráfica 2: Encuesta a Clientes**  
Fuente: Larena, (2025)

## Asignación de pedidos a camiones



**Gráfica 3: Esquema Asignación de Pedidos**  
Fuente: Larena, (2025)

## Modelo matemático desarrollado en el Software

\$title *An Assignment Transports Problem (TRANSPORT, SEQ=1)*

\$onText

*El problema tiene un enfoque en la optimización para asignar  
Una cantidad de pedidos a un conjunto establecido de camiones disponibles para  
cumplir con los despachos hacia a provincias*

*Keywords: Mixed Integer Programming, Assignment problem*

\$offText

### Set

i conjunto de pedidos /pedido1\*pedido10/

j conjunto de camiones /camion1\*camion10/

k conjunto de ciudades /;

**Scalar** D valor \$ si un camión es utilizado/520/

Vmin Volumen mínimo de carga que debe llevar un camión en m<sup>3</sup> /35/;

### PARAMETER

M(c) capacidad en metros<sup>3</sup> de los camiones

/camion1 46

camion2 46

camion3 51

camion4 36

camion5 41

camion6 36

camion7 45

camion8 44

camion9 44

camion10 42/

V(p) Volumen en metros cúbicos del pedido en m<sup>3</sup>

/ pedido1 6

pedido2 5

pedido3 10

pedido4 5

pedido5 14

pedido6 12

pedido7 8

pedido8 6

pedido9 5

pedido10 9/;

**free Variable** f costo total de si un camión es asignado a atender una provincia;

**Binary Variable** x(i,j) variable binaria 1 indica si un pedido es asignado a un camión c  
y(j) variable binaria 1 indica si un camión es utilizado

;

### Equations

costo\_total Costo total de contratar un camión

asignar\_pedido\_camion(i) restricción que permite asignar un pedido a un camión

capacidad\_pedidos\_camiones(i) restricción que el volumen de los pedidos p no exceda el volumen del camión

volumen\_minimo\_carga(c) restricción para que el camión c solo cargue más que su capacidad mínima

;

*\*Costo total de asignar un camión si este es utilizado*

costo total...  $f = \sum((i,j), K * y(j));$

*\*Cada pedido debe ser asignado a un camión*

asignar\_pedido\_camion(p)..  $\sum(j, x(i,j)) = e = 1;$

*\*Un camión no puede exceder su capacidad máxima, dependiendo de los volúmenes de los pedidos*

capacidad\_pedidos\_camiones(c)..  $\sum(i, V(i) * x(i,j)) = l = M(j) * y(j);$

*\*suma total de los pedidos que van a un camión debe ser mayor a la capacidad mínima para que un camión sea asignado*

volumen\_minimo\_carga(c)..  $\sum(p, x(i,j) * V(i)) = g = y(j) * V_{min};$

MODEL ASIGNATION /ALL/;

SOLVE ASIGNATION using MIP minimizing f;

OPTION LP = CPLEX;

display x.l,x.m; display y.l; display