

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Mejora del indicador OTIF en una empresa de producción y distribución de alimentos

balanceados

INGE-3083

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Lorena Ivelisse Almeida Vélez

Karelys Abigail Farfán Vera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi mamá, Daisy, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio, que ha sido el pilar fundamental en cada paso de mi formación personal y profesional. Gracias por enseñarme a no rendirme y por ser mi mayor ejemplo de perseverancia.

A mi familia, por comprensión, paciencia y palabras de aliento a lo largo de este proceso.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este objetivo se hiciera realidad.

Lorena Ivelisse Almeida Vélez

Dedicatoria

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios por ser mi fuente de amor y paciencia, brindándome sabiduría y guía para poder llegar hasta aquí.

Al amor de mi vida, mi mamá, que me ha brindado su apoyo incondicional y me impulsa siempre a dar lo mejor de mí con sabiduría, fuerza y amor.

A mi papá, que ha sido mi ejemplo de perseverancia y sacrificio para alcanzar las metas trazadas.

A mi hermana, mi prima Mayra y abuelos que desde el cielo me protegen y me guían para actuar con moral y amor.

Karelys Abigail Farfán Vera

Agradecimientos

A Dios, por la fortaleza, salud y constancia brindadas a lo largo de mi formación académica.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia en cada etapa de mi carrera. Su confianza y motivación constante han sido un pilar fundamental para alcanzar este logro.

A mi tutora, Ing. María Belén Segovia, por su guía, acompañamiento y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de trabajo que hicieron posible la realización de esta investigación, por su colaboración y apertura durante el proceso.

A mis profesores, amigos y compañeros de carrera, por los aprendizajes compartidos, por el apoyo y por hacer este proceso más llevadero.

Lorena Ivelisse Almeida Vélez

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por ser el pilar principal en mi vida. A mis padres por su paciencia y apoyo durante mi etapa universitaria, todo lo que soy y he logrado es gracias a su esfuerzo. A mi familia que, a pesar de la distancia, me han acompañado con sus palabras de aliento. A mis primos, Madelyne, Gabriel, María y Fiorella por estar siempre a mi lado. A los docentes en especial a mi tutora, Ing. María Belén Segovia, por su guía, y acompañamiento durante varias asignaturas y en especial el desarrollo de este proyecto. A Harry, por estar a mi lado y brindarme su amor, apoyo y motivación. A mis amigos: Granda, Sebastián, Ángel, Madeleine, Josué, Rosita, Odalis, Sancho, Gustavo, Mauro, Xavier, Fernando, Galo, Maryam, Daniela, Génesis, Gilson, quienes con su compañía han sido parte fundamental de mi vida. A todos ustedes, muchas gracias.

Karelys Abigail Farfán Vera

Declaración Expresa


Nosotros *Lorena Ivelisse Almeida Vélez* y *Karelys Abigail Farfán Vera* acordamos y reconocemos 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.

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

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores 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 octubre del 2025.



Lorena Ivelisse Almeida

Vélez



Karelys Abigail Farfán

Vera

Evaluadores

M.Sc. Sofía Anabel López Iglesias

Profesora de materia

M.Sc. María Belén Segovia Navarrete

Tutora de proyecto

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar el desempeño del indicador OTIF (On Time In Full) en el proceso logístico de distribución de una empresa productora de alimentos balanceados, frente a incumplimientos recurrentes en la puntualidad y completitud de los pedidos. El trabajo se desarrolló con el apoyo del personal de las áreas de logística, servicio al cliente y planificación de transporte.

Con información y análisis de datos históricos de despachos, registros operativos y el comportamiento del indicador, se identificó que el bajo desempeño del OTIF estaba principalmente relacionado con el aspecto de puntualidad. Asimismo, la falta de estandarización en la planificación y monitoreo de pedidos, la priorización reactiva de pedidos urgentes, la subutilización de la flota y la visibilidad limitada del estado de los pedidos entre áreas provocaron reprocesos, devoluciones y retrasos.

Se desarrollaron soluciones para la planificación y monitoreo de despachos con la ayuda del enfoque DMAIC. Como resultado, el OTIF semanal aumentó del 69% al 77%, con un mayor cumplimiento del plan de despachos y una reducción de devoluciones. Se concluye que la estandarización del proceso logístico resulta en un nivel de servicio más confiable y sostenible.

Palabras Clave: OTIF, planificación de despacho, logística, DMAIC, nivel de servicio

Abstract

The objective of this project is to improve the performance of the OTIF (On Time In Full) indicator in the logistics distribution process of a balanced feed production company, in response to recurring failures in the timeliness and completeness of orders. The work was carried out with the support of staff from the logistics, customer service, and transportation planning departments.

Using information and analysis of historical dispatch data, operational records, and indicator performance, it was identified that the low OTIF performance was mainly related to punctuality. Likewise, the lack of standardization in order planning and monitoring, reactive prioritization of urgent orders, underutilization of the fleet, and limited visibility of order status between areas led to reprocessing, returns and delays.

Solutions for dispatch planning and monitoring were developed with the help of the DMAIC approach. As a result, weekly OTIF increased from 69% to 77%, with greater compliance with the dispatch plan and a reduction in returns. It is concluded that standardization of the logistics process results in a more reliable and sustainable level of service.

Keywords: OTIF, dispatch planning, logistics, DMAIC, service level

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VII
Simbologías.....	VIII
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tablas.....	XII
Capítulo 1.....	13
1. Introducción.....	14
1.1. Descripción del problema.....	15
1.2. Justificación del Problema.....	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Marco teórico.....	19
1.4.1. Metodología DMAIC.....	19
1.4.2. Indicador OTIF (On Time In Full).....	20
1.4.3. SIPOC.....	21

1.4.4.	VOC	21
1.4.5.	CTQ.....	22
1.4.6.	Diagrama de Ishikawa.....	22
Capítulo 2.....		23
2.	Metodología	24
2.1.	Definición	24
2.1.1.	Macro mapa del proceso	24
2.1.2.	SIPOC	26
2.1.3.	Segmentación de cliente	27
2.1.4.	VOC y Diagrama de Afinidad	27
2.1.5.	Árbol Crítico de la Calidad	28
2.1.6.	Variable de salida y serie de tiempo	29
2.1.7.	Definición del Problema	31
2.1.8.	Triple Bottom Line	32
2.1.9.	Mapeo del proceso	32
2.2.	Medición	35
2.2.1.	Plan de recolección de datos de las variables críticas del proceso	35
2.2.2.	Confiabilidad y validez de datos.....	38
2.2.3.	Análisis de capacidad de variable Y: desempeño de OTIF semanal (%)	45
2.2.4.	Factores de estratificación.....	46

2.2.5.	Problema enfocado.....	48
2.3.	Análisis	49
2.3.1	Segmentación de categorías	49
2.3.2	Lluvia de ideas y diagrama causa-efecto	50
2.3.3	Matriz causa efecto	52
2.3.4	Matriz control impacto.....	55
2.3.5	Plan de verificación de causas	56
2.3.6	Verificación de causas	58
2.3.7	Análisis de 5 porque.....	70
2.4.	Mejorar.....	72
2.4.1.	Plan de implementación	74
2.4.2.	Descripción de soluciones.....	75
2.4.3.	Plan de control	84
Capítulo 3.....		87
3.	Resultados y análisis	88
3.1.	Resultados de implementación de mejoras	88
3.2.	Análisis de capacidad posterior a la implementación de mejoras.....	90
3.3.	Resultados de las métricas de sostenibilidad	91
3.3.1.	Pilar social.....	91
3.3.2.	Pilar económico	92

3.3.3. Pilar ambiental	93
Capítulo 4.....	95
4. Conclusiones y recomendaciones	96
4.1. Conclusiones	96
4.2. Recomendaciones	97
Referencias.....	98

Abreviaturas

AV	Agrega Valor
CTQ	Critical to quality (árbol de calidad)
DMAIC	Define (definir), Measure (medir), Analyze (analizar), Improve (mejorar), Control (controlar)
IF	In Full (completo)
NAV	No agrega valor
NNAV	Necesaria, pero no agrega valor
OT	On time (a Tiempo)
OTIDA	Operación, Transporte, Inspección, Demora y Almacenamiento
OTIF	On Time In Full
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
SKU	Unidad de mantenimiento de existencias.
VOC	Voice of customer (Voz del cliente)

Simbologías

% – porcentaje

– número

h – horas

min – minutos

p – valor p

r – coeficiente de correlación

t – tonelada

Índice de Figuras

Figura 1 Serie de tiempo del rendimiento semanal del OTIF de mayo a septiembre del 2025	16
Figura 2 Macro mapa de procesos	25
Figura 3. CTQ – tree	29
Figura 4 Serie de tiempo del desempeño semanal del indicador OTIF	30
Figura 5 Escenarios propuesto de mejora de OTIF%	31
Figura 6 Indicadores del Triple Botton Line.....	32
Figura 7 Diagrama de flujo de procesos donde interviene el OTIF.....	33
Figura 8 Plan de recolección de datos.....	36
Figura 9 Plan de recolección de datos.....	37
Figura 10 Reporte de Análisis OTIF.....	38
Figura 11 Reporte logístico de estado de entregas.....	39
Figura 12 Correlación entre los datos de OTIF obtenidos de fuentes independientes.....	41
Figura 13 Diagrama de Dispersión para la Consistencia de Métodos de Medición de OTIF	41
Figura 14 Diagrama de caja de Reporte global OTIF vs Reporte logístico OTIF	42
Figura 15 Resumen de la verificación de la confiabilidad de los datos de variables independientes (1).....	43
Figura 16 Resumen de la verificación de la confiabilidad de los datos de variables independientes (2).....	44
Figura 17 Carta de Control P para la Proporción Semanal de Líneas que No Cumplen con el Indicador OTIF	45
Figura 18 Análisis de capacidad binomial de variable Y	46
Figura 19 Carta de control P para la proporción semanal de líneas que no cumplen con OT	48

Figura 20 Carta de control P para la proporción semanal de líneas que no cumplen con IF.....	48
Figura 21 Diagrama de Pareto con categorías de incumplimiento OT	49
Figura 22 Diagrama de Ishikawa para primera categoría” Cambios de fecha solicitadas por el cliente”.....	50
Figura 23 Diagrama de Ishikawa para segunda categoría “transporte fuera de tiempo”.....	51
Figura 24 Diagrama de Ishikawa para tercera categoría “falta de disponibilidad de camiones” .	51
Figura 25 Diagrama de Ishikawa para cuarta categoría “pedidos divididos”.....	52
Figura 26 Matriz causa efecto.....	53
Figura 27 Diagrama de Pareto de causas	55
Figura 28 Matriz control impacto	56
Figura 29 Plan de verificación de causas	57
Figura 30 Correlación de Spearman para causa X1	59
Figura 31 Gráfica de correlación de Spearman para causa X1	60
Figura 32 Resultados de correlación para causa X20	62
Figura 33 Test Kruskal-Wallis para verificar causa X20.....	63
Figura 34 Prueba de correlación para causa X22.....	65
Figura 35 Gráfico de correlación para causa X22	66
Figura 36 Prueba Mann-Whitney para causa X22	67
Figura 37 Prueba de correlación para causa X2.....	69
Figura 38 Gráfica de correlación para causa X2.....	69
Figura 39 Matriz Impacto – Esfuerzo para Soluciones.....	74
Figura 40 Plan de implementación	75
Figura 41 Líneas de acción de cambios por categoría de cliente.....	76

Figura 42 Herramienta de priorización de cambios de pedidos (entrada de datos)	77
Figura 43 Herramienta de priorización de cambios en pedidos (salida de alerta)	77
Figura 44 Alertas del sistema de priorización de cambios	78
Figura 45 Simulador de nuevas facturas.....	78
Figura 46 Proceso de Ajustes y Regularización de Facturación.....	79
Figura 47 Extracto de base de datos que alimenta herramienta de planificación	82
Figura 48 Ventana para ingreso de fecha a planificar.....	82
Figura 49 Resultados de planificación	83
Figura 50 Proceso de uso de la herramienta de planificación.....	83
Figura 51 Protocolo de seguimiento con responsables y tiempos de actualización definidos.....	84
Figura 52 Plan de control	85
Figura 53 Serie de tiempo del desempeño semanal del OTIF post implementación.....	88
Figura 54 Resultados de la prueba chi cuadrado	89
Figura 55 Reducción de no conformidades	89
Figura 56 Análisis de capacidad de OTIF posterior a mejoras.....	91
Figura 57 Resultados del pilar social	92
Figura 58 Resultados del pilar económico.....	93
Figura 59 Resultados del pilar ambiental.....	94

Índice de Tablas

Tabla 1 Diagrama SIPOC	26
Tabla 2 Diagrama de afinidad.....	27
Tabla 3 Herramienta 3W+2H para definir el problema.....	31
Tabla 4 Análisis AV/NAV/NAVN de actividades	34
Tabla 5. Desperdicios identificados en el flujograma de procesos.	34
Tabla 6 Datos de OTIF semanal recolectados en dos fuentes independientes.	39
Tabla 7 Resultados de factores de estratificación.....	47
Tabla 8 Escala de calificación para matriz causa efecto.....	52
Tabla 9 Posibles causas.....	55
Tabla 10 Causas de bajo control y alto impacto	57
Tabla 11 Datos para verificación de causa X1.....	58
Tabla 12 Datos para verificación de causa X20.....	61
Tabla 13 Datos usados para verificación de causa X22.....	64
Tabla 14 Datos utilizados para la verificación de X2	67
Tabla 15 Análisis de 5 porqué para causa X1.....	70
Tabla 16 Análisis de 5 porqué para causa X20.....	71
Tabla 17 Análisis de 5 porqué para causa X26.....	71
Tabla 18 Análisis de 5 porqué para causa X22.....	72
Tabla 19 Soluciones potenciales.....	73
Tabla 20 Soluciones seleccionadas.....	74

Capítulo 1

1. Introducción

La industria de producción y distribución de alimento balanceado para la acuicultura constituye uno de los sectores de mayor crecimiento en la región. De acuerdo con la FAO: “la demanda de alimento balanceado ha aumentado de manera sostenida debido a la expansión de las áreas de cultivo y a la necesidad de garantizar ciclos de alimentación más eficientes”. Es por este comportamiento que las compañías del sector se ven obligadas a mejorar sus operaciones logísticas para garantizar entregas fiables, exactas y en línea con lo que los productores esperan.

En el Ecuador, la acuicultura tiene una participación importante dentro de las exportaciones, lo que hace que la disponibilidad del alimento se vuelve esencial para evitar interrupciones en la producción. Diversos reportes destacan que retrasos o entregas incompletas afectan la planificación de las granjas, generan costos adicionales y comprometen el rendimiento del cultivo (Cámara Nacional de Acuicultura, 2024). Por ello, el desempeño del proceso de distribución se vuelve un factor determinante para mantener la competitividad del sector acuícola ecuatoriano.

Uno de los indicadores más usados para evaluar el rendimiento logístico es el OTIF (On Time In Full), una medida que permite verificar que el pedido se entregue completo y dentro del tiempo acordado con el cliente. En la gestión de la cadena de suministro, este indicador se ha vuelto una referencia frecuente, ya que ayuda a la identificación de ineficiencias y orientar mejoras en la planificación y ejecución de los despachos (Stevenson, 2023). Sin embargo, en la práctica, muchas empresas enfrentan dificultades para mantener niveles adecuados de OTIF, principalmente por problemas como la fragmentación de pedidos, retrasos de transporte o variabilidad operativa (Jones & Williams, 2022).

Frente a estos desafíos, el presente proyecto tiene como objetivo mejorar el indicador OTIF en una empresa de producción y distribución de alimento balanceado, utilizando la metodología DMAIC del enfoque Seis Sigma. Este método permite estructurar el análisis, identificar las causas que afectan el indicador y proponer acciones de mejora que contribuyan a elevar el nivel de servicio logístico.

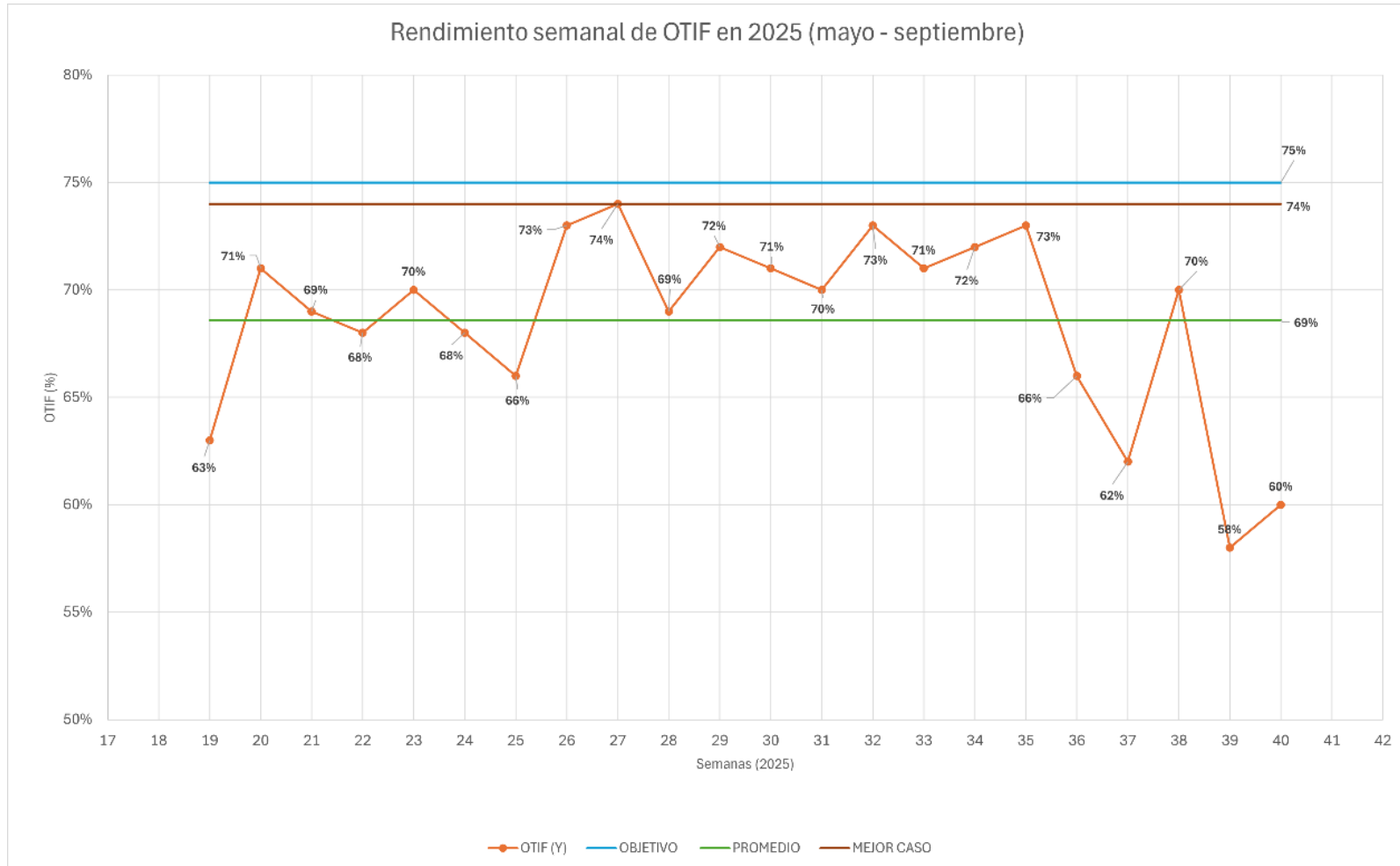
1.1. Descripción del problema

La empresa enfrenta un problema de bajo rendimiento en el indicador OTIF dentro del proceso de distribución de producto terminado, lo que afecta la puntualidad y confianza del servicio logístico ofrecido a los clientes. Actualmente, el promedio semanal del indicador es del 69%, el objetivo establecido por la empresa es del 75% y el mejor escenario alcanzado ha sido del 74%, lo que da una diferencia significativa del 6% entre el rendimiento real y el nivel esperado.

En la serie de tiempo presentada en la **Figura 1**, correspondiente al periodo de mayo a septiembre de 2025, se pueden observar variaciones constantes en el cumplimiento del OTIF dentro de las semanas analizadas. Durante este periodo, el indicador muestra fluctuaciones entre el 62% y el 74%, registrando descensos relevantes en semanas puntuales, como la semana 37 (62%) y la semana 39 (59%), las cuales representan los puntos más críticos del periodo evaluado. A pesar de que existan mejoras temporales en determinadas semanas, el comportamiento general del indicador refleja una falta estabilidad y consistencia en el cumplimiento de las entregas.

Figura 1

Serie de tiempo del rendimiento semanal del OTIF de mayo a septiembre del 2025



Este patrón evidencia ineficiencias operativas en distintas etapas del proceso de distribución, las cuales impiden alcanzar el nivel de servicio esperado por la empresa. La brecha persistente entre el promedio actual y la meta corporativa plantea la necesidad de identificar y corregir las causas que impactan en la puntualidad y completitud de las entregas, especialmente en un contexto donde los clientes requieren un suministro confiable para garantizar la continuidad de sus operaciones productivas.

1.2. Justificación del Problema

En el contexto empresarial actual, el estudio del rendimiento logístico se vuelve cada vez más importante, particularmente en las áreas donde la continuidad de las operaciones depende de un suministro fiable y a tiempo. En el sector de alimentos balanceados, la posibilidad de suministrar el producto en el tiempo y la cantidad acordada tiene un impacto directo en la productividad efectiva de los clientes, que necesitan sostener ciclos de alimentación constantes para asegurar su eficiencia. Por eso, la evaluación y mejora del indicador OTIF (On Time In Full) posibilita entender con más exactitud cómo se llevan a cabo los procesos de distribución y simplifica la toma de decisiones fundamentadas en información real.

Estudios recientes destacan la importancia de optimizar los procesos logísticos para fortalecer la competitividad de las empresas, especialmente en sectores que operan con alta demanda y márgenes ajustados (Stevenson, 2023). Cuando el OTIF está por debajo del objetivo establecido, como en el caso de la compañía estudiada, aparecen ineficiencias que perjudican la distribución de recursos, ocasionan reprocesos y disminuyen la fiabilidad del servicio brindado. En el caso de la acuicultura, este escenario se vuelve crítico. Esta actividad requiere en gran medida de alimento balanceado para garantizar el adecuado crecimiento de las especies.

De manera similar, la mejora del OTIF adquiere relevancia en el ámbito económico y operativo, donde una mayor eficiencia logística contribuye a minimizar horas improductivas, mejorar la utilización del transporte y mejorar la planificación de las entregas. Estos beneficios no solo son buenos para la empresa, sino también para el productor que necesita un flujo constante de suministro para mantener su productividad. El análisis del indicador es una oportunidad académica donde se pueden desarrollar herramientas para la mejora continua, métodos basados en datos y propuestas que impacten directamente en el sector productivo.

En este contexto, abordar el problema del OTIF no solo responde a una necesidad operativa, sino también a la búsqueda de aportar conocimiento aplicado que permita mejorar la eficiencia de la cadena logística. La aplicación de metodologías como DMAIC contribuye a identificar patrones, diagnosticar causas raíz y dirigir acciones que promuevan la calidad del servicio, alineándose con los principios de mejora continua y con los objetivos estratégicos de la organización.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Aumentar el rendimiento del indicador OTIF (On Time In Full) dentro del proceso logístico de distribución de productos terminados de un 69 % a un 73% semanal, con el fin de mejorar el rendimiento logístico de la empresa de producción de alimento balanceado mediante la implementación de un proyecto DMAIC en un plazo de 4 meses.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar el actual desempeño semanal del indicador OTIF a través de datos cuantitativos y cualitativos.
- Trazar el flujo operativo que comprende desde la gestión de pedidos hasta la distribución de producto terminado, para la identificación de posibles cuellos de botella.

- Identificar las causas raíz del bajo cumplimiento del OTIF utilizando herramientas de causa – efecto y análisis estadístico.
- Diseñar alternativas de mejora (simulación o piloto) orientadas al incremento del indicador OTIF.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Metodología DMAIC

DMAIC es una forma sistemática de mejorar procesos que opera dentro de un marco llamado Seis Sigma. Su aplicación tiene como objetivo resolver problemas mediante evidencia cuantitativa y análisis sistemáticos. Montgomery (2013) señala que DMAIC proporciona una guía disciplinada para comprender un proceso, identificar sus fallas y establecer soluciones sostenibles basadas en datos reales.

El origen de esta metodología se remonta a los programas de calidad desarrollados por Motorola en los años ochenta, cuyo objetivo era disminuir defectos y aumentar la consistencia de los procesos productivos. Con el tiempo, su expansión a otros sectores fue perseguida y alineada con las prácticas de Manufactura Esbelta que no solo aseguraron un objetivo de minimizar la variabilidad, sino también eliminar actividades que no agregan valor de un proceso que proporcionaba menos valor para el cliente (Burgasí Delgado & Cobo Panchi, 2021).

El método comprende 5 etapas: Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejorar), Control (Controlar).

- Definir: Se define el problema que se quiere resolver y el objetivo que se quiere lograr. Una de las herramientas que se usa en esta etapa es el SIPOC (Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers). Según Carlos Escobar y Hernando González (2021) esta herramienta facilita la identificación de los clientes, las actividades, los proveedores y las entradas al permitir una representación resumida y

clara de los componentes clave de un proceso. Su utilización ayuda a identificar los requisitos críticos que deben cumplirse y mejora la comprensión del proceso.

- **Medir:** Tiene como objetivo cuantificar la situación actual del proceso y establecer una línea base, con la cual se mide el efecto de cualquier mejora introducida más adelante en el proyecto. Hay muchas herramientas en esta etapa, como el análisis de capacidad, gráficos de control, y los histogramas.
- **Analizar:** Se ha utilizado para encontrar las causas raíz que explican la variación, ineficiencias o defectos observados. Las principales herramientas aplicadas en esta etapa son los diagramas de causa y efecto (Ishikawa), la técnica de los 5 porqués, el análisis de regresión y las pruebas de significancia estadística.
- **Mejorar:** Es cuando se desarrolla, ejecuta y valida una alternativa de mejora para el problema detectado. En esta etapa, las técnicas de desarrollo experimental (DOE), los métodos de investigación y las pruebas piloto son algunas de las herramientas más frecuentemente utilizadas.
- **Controlar:** Esta es la fase final se garantiza que las mejoras alcancen los objetivos establecidos y se evite un retorno a la situación anterior. Se utilizan herramientas como gráficos de control, análisis de capacidad del proceso y análisis de costo-beneficio (García González, Paredes Castañeda, & Bayona Ibáñez, 2022).

1.4.2. *Indicador OTIF (On Time In Full)*

El indicador OTIF es una métrica utilizada para evaluar la calidad del servicio logístico. Rushton, Croucher y Baker (2022) lo definen como la capacidad de una empresa para entregar pedidos en la fecha acordada (On Time) y en la cantidad completa solicitada (In Full). Se

considera un indicador integral porque combina dos dimensiones fundamentales del desempeño logístico: puntualidad y completitud.

Ballou (2004) explica que un OTIF bajo suele estar relacionado con deficiencias en la programación del transporte, atrasos en la preparación de pedidos o interrupciones en el flujo operativo. Bowersox, Closs y Cooper (2019) señalan que el incumplimiento del OTIF afecta directamente la confiabilidad del servicio y genera impactos operativos como reprocesos, costos adicionales o pérdida de satisfacción del cliente.

El uso de OTIF se ha extendido en sectores como manufactura, alimentos, farmacéutica y comercio minorista ya que resume con claridad lo eficiente que es la cadena de suministro y posibilita identificar fallas que afectan la experiencia del cliente.

1.4.3. SIPOC

Esta herramienta usada en la fase Definir de DMAIC permite obtener una visión global del proceso antes de analizarlo en profundidad. El acrónimo significa Proveedores, Insumos, Procesos, Salidas y Clientes. Escobar y González (2021) lo describen como un mapa de alto nivel que identifica los proveedores, las entradas necesarias, las actividades principales del proceso, las salidas generadas y los clientes que reciben dichas salidas.

1.4.4. VOC

La Voz del Cliente (VOC) se refiere al proceso de recopilar, interpretar y traducir las necesidades, expectativas y percepciones del cliente en requerimientos medibles para el proceso.

El VOC se obtiene mediante diferentes técnicas, tales como entrevistas, encuestas, observación directa, o grupos focales. Besterfield et al. (2014) indican que esta información

constituye la base para definir los CTQ (Critical to Quality), es decir, los atributos que deben cumplirse para garantizar que el producto o servicio entregue valor real al cliente.

1.4.5. CTQ

Los CTQ (Critical to Quality) son los atributos o requisitos que deben cumplirse para garantizar la calidad de un producto o servicio desde la perspectiva del cliente. Besterfield et al. (2014) señalan que los CTQ son el resultado de traducir el VOC en parámetros medibles, lo que posibilita identificar qué aspectos son esenciales para satisfacer al cliente.

1.4.6. Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de causa-efecto o espina de pescado, es una herramienta usada para identificar posibles causas de un problema específico.

Kaoru Ishikawa desarrolló esta herramienta en 1968 para facilitar el análisis de causas en proyectos de calidad. Según la interpretación presentada por Zapata e Isaza (2004), el diagrama agrupa las causas en categorías generales, comúnmente conocidas como las 6M: Máquina, Método, Mano de obra, Materiales, Medio ambiente y Medición. Esta categorización posibilita llevar a cabo un estudio detallado, dado que asegura que no se dejen fuera elementos importantes del proceso.

Capítulo 2

2. Metodología

Ante la necesidad de la organización por abordar un problema crítico en el desempeño semanal del indicador OTIF, se desarrolló el siguiente proyecto bajo la metodología DMAIC debido a su enfoque estructurado y basado en datos.

2.1. Definición

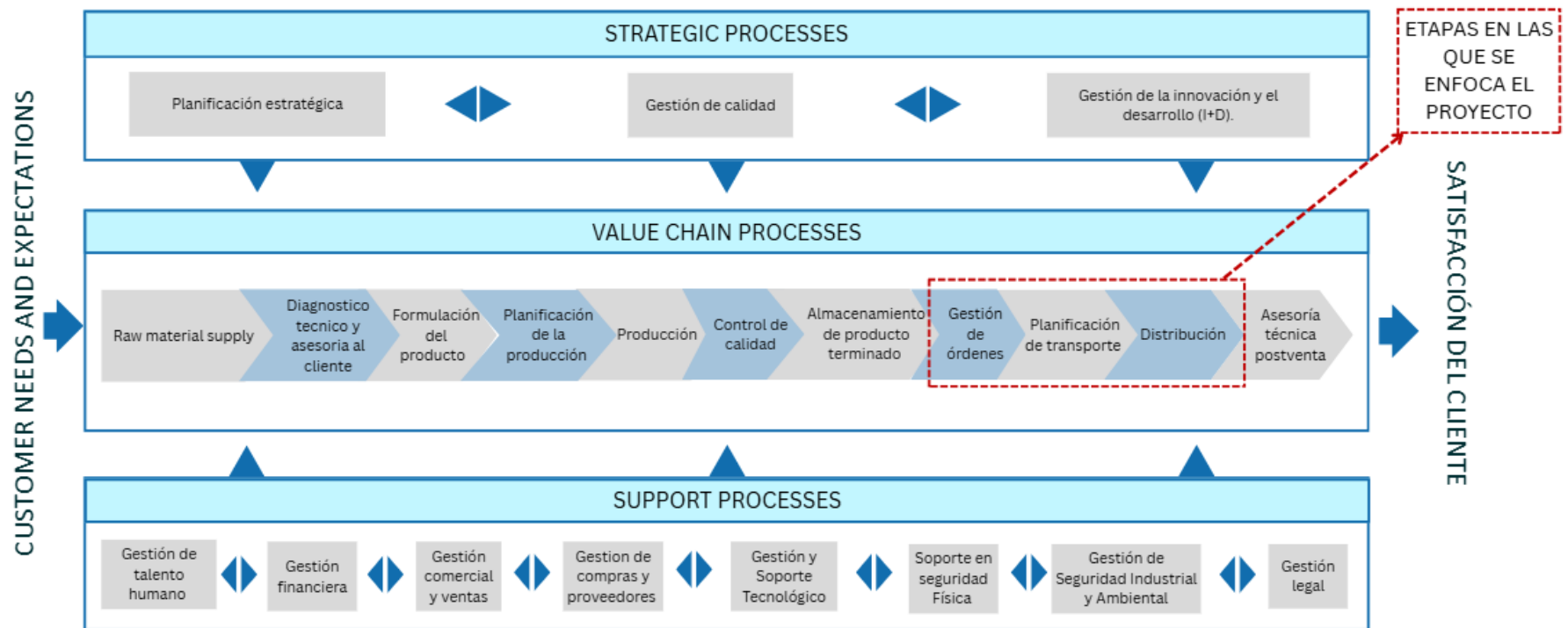
El objetivo de esta primera fase fue comprender como funciona el proceso logístico vinculado al indicador y reunir los puntos de dolor de los actores implicados, mediante actividades que permitieron visualizar el proceso y traducir los requerimientos operativos en métricas.

2.1.1. *Macro mapa del proceso*

Para comprender el alcance real del problema y delimitar las áreas involucradas, se analizó el macro mapa de la organización, se identificó que el proyecto debía centrarse dentro de la cadena de valor únicamente en las etapas de gestión de órdenes, planificación de transporte y distribución, tal como se observa en la **Figura 2**, ya que estas etapas representan el flujo crítico desde la recepción del pedido hasta la entrega al cliente.

Figura 2

Macro mapa de procesos



Nota. El Registro del indicador OTIF se contempla desde el momento en que se receipta la orden hasta que se entrega el pedido.

2.1.2. SIPOC

A través del diagrama SIPOC se obtuvo una visión estructurada del proceso, este permitió delimitar las funciones críticas, visualizar las interacciones entre áreas y reconocer los puntos donde podían originarse variaciones que afecten al indicador. En la **Tabla 1**, se observan los procesos que evalúa el proyecto.

Tabla 1

Diagrama SIPOC

Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Cliente
Servicio al cliente	Pedidos ingresados y liberados en sistema	Recepción del pedido y validación de requerimientos (producto, destino, fecha, cantidad)	Número de Orden de pedido registrada en el reporte de planificación	Equipo de planificación de transporte
Equipo de planificación de transporte	Reporte de pedidos pendientes por planificar. Disponibilidad de flota y stock	Programación del transporte según prioridades y capacidad	Lista de reserva	Controlador de Stock
Controlador de Stock	Producto disponible Lista de reserva (información del transportista y producto a enviar) Equipo y operadores	Generar picking list	Picking list (detalle del producto, lote)	Preparador de pedidos
Preparador de pedidos	Picking list	Prepara el pedido	Producto para despachar y Picking list.	Facturador
Facturador	Producto para despachar y Picking list	Despacha producto y factura	Guía de remisión.	Transportista / Analista Monitoreo de Transporte

Transportistas	Pedido cargado. Guía de remisión. Rutas asignadas.	Transporte del producto hacia el cliente	Pedido entregado completo y a tiempo	Cliente
Analista de Monitoreo de Transporte	Estado final de la entrega e incidencias	Comunicación de estados y novedades a Servicio al Cliente	Información consolidada de entregas	Servicio al cliente
Servicio al Cliente	Datos operativos de monitoreo y entregas	Registro y reporte del cumplimiento OTIF	Archivo Reporte OTIF	Área de Logística y Cadena de Suministro

Nota. El alcance del proyecto va desde la recepción del pedido hasta el registro del OTIF.

2.1.3. Segmentación de cliente

Los clientes se agruparon en tres categorías: el dueño del indicador (mánager logístico), el área de servicio al cliente quienes se encargan del registro del indicador y el personal operativo del área de despacho. Esta segmentación permitió asegurar que el análisis del proyecto considerara las necesidades y expectativas de cada grupo crítico involucrado.

2.1.4. VOC y Diagrama de Afinidad

Se realizaron entrevistas a los involucrados del área logística y servicio al cliente, la información obtenida a través del VOC fue organizada mediante un diagrama de afinidad en tres categorías principales: coordinación efectiva de entregas, eficiencia operativa en carga y despacho y mejorar la satisfacción del cliente, el cual se puede observar en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Diagrama de afinidad

Coordinación efectiva de entregas	Eficiencia operativa en carga y despacho	Mejorar la satisfacción del cliente.
--	---	---

-
- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Transporte debe notificar al área de atención al cliente sobre cualquier división de producto en el envío al menos 30 minutos antes de la carga. | <ul style="list-style-type: none"> • El almacén debe tener el personal y los montacargas necesarios disponibles para la carga planificada del día. | <ul style="list-style-type: none"> • Quejas de los clientes por entregas tardías o incompletas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Transporte debe actualizar el estado del pedido y la flota disponible una vez que el camión esté libre para nueva carga. | <ul style="list-style-type: none"> • El supervisor de almacén necesita que la guía de remisión se genere rápidamente para poder continuar con sus operaciones. | <ul style="list-style-type: none"> • Los clientes a menudo rechazan pedidos debido a errores de SKU. |
| <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo mínimo que un transporte debe esperar es de una hora, desde el momento en que llega al muelle. | <ul style="list-style-type: none"> • Una guía de remisión puede tardar entre 30 minutos y 3 horas en emitirse, cuando lo ideal es que se hiciera en 20 min o menos | <ul style="list-style-type: none"> • El objetivo es que al menos el 75% de los pedidos se cumplan dentro del tiempo prometido al cliente y en la cantidad correcta. |
| <ul style="list-style-type: none"> • El analista de monitoreo debe confirmar las entregas tan pronto como el cliente reciba su pedido o en un plazo máximo de una hora. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de entrega disminuye si los operadores completan la carga en menos de 30 minutos. | <ul style="list-style-type: none"> • El cliente no acepta el pedido como completo porque está mal estibado. |
| <ul style="list-style-type: none"> • El transporte no debe esperar más de 1 hora en muelle sin ser utilizado. | <ul style="list-style-type: none"> • Evitar la subutilización del transporte utilizando al menos el 80% del espacio del vehículo, reduce los costos logísticos. | <ul style="list-style-type: none"> • El cliente informa de entregas incompletas cuando el analista de monitoreo ya informó a servicio al cliente de una entrega completa. |
-

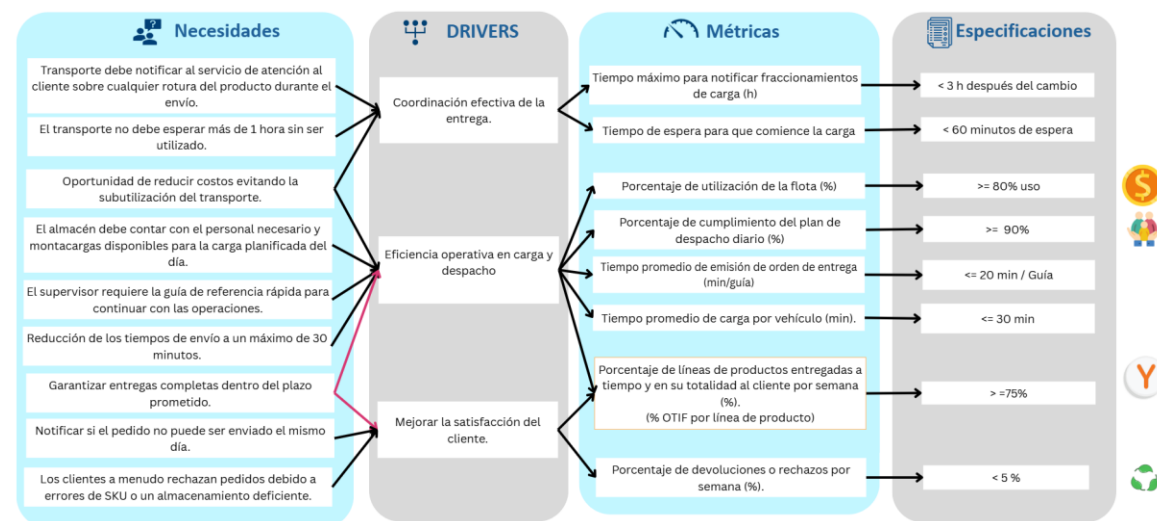
2.1.5. *Árbol Crítico de la Calidad*

Para transformar las necesidades expresadas por las áreas involucradas en requisitos medibles y específicos para el proyecto, se elaboró un diagrama de CTQ, como se observa en la **Figura 3**, en este se encuentran las necesidades del cliente dadas por el VOC y los Drivers operativos, que fueron las categorías establecidas en el diagrama de afinidad, finalmente cada

driver se tradujo en métricas cuantificables que permitieron establecer especificaciones operativas que se traducen en parámetros objetivos del proceso.

Figura 3.

CTQ – tree



2.1.6. Variable de salida y serie de tiempo

La variable de salida (Y) o variable dependiente corresponde al desempeño semanal del indicador OTIF que se expresa en porcentaje y es lo que se desea mejorar.

La empresa se centra en medir el cumplimiento de las entregas a tiempo y completas por cada línea de producto, ya que permite medir la eficiencia logística con un enfoque operativo, por esta razón la variable Y evalúa el nivel de cumplimiento de las entregas por cada línea de producto, mediante un registro binario, tal como se muestra en la **Ecuación 1**.

Ecuación 1 : Variable de Salida (Y)

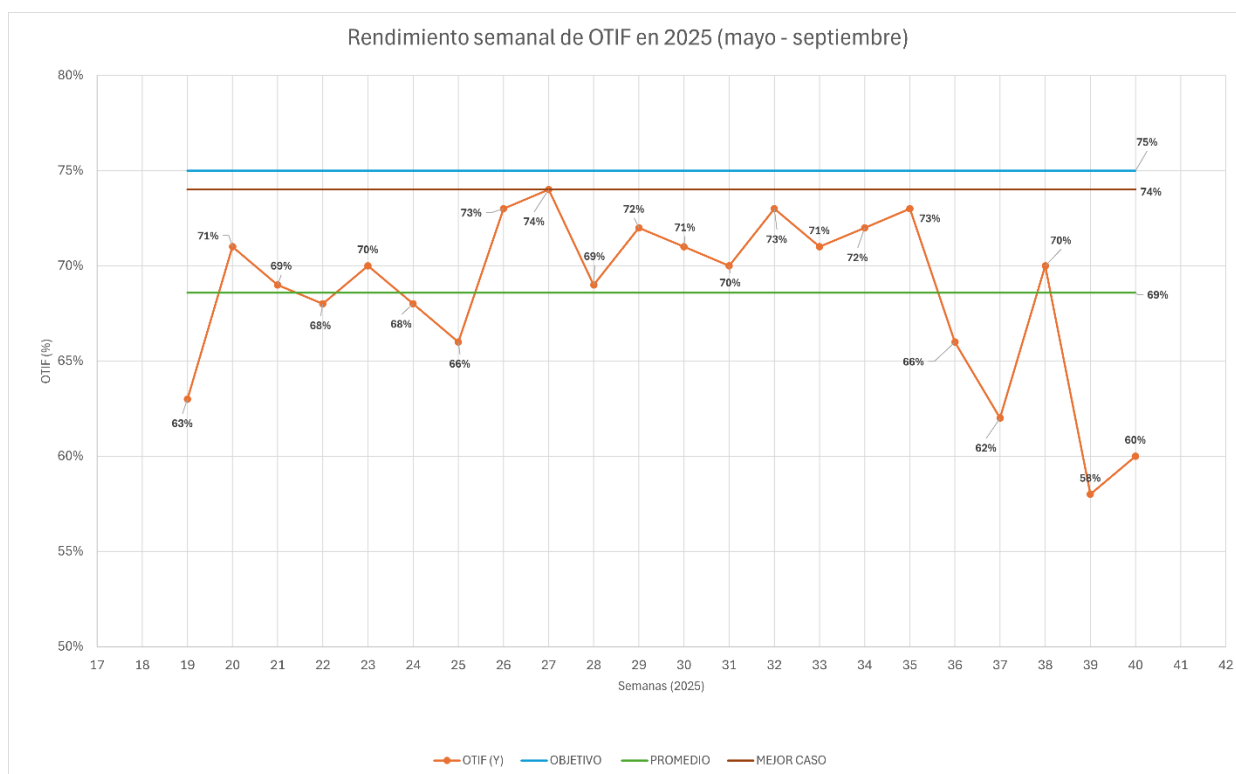
$$Y = OTIF \text{ semanal } \% = \frac{\sum_i^n \text{Número de líneas de producto que cumplan con OT} \wedge \text{IF}}{\text{Número total de líneas de producto comprometidas}} \times 100\%$$

Una vez definida la variable dependiente, se trabajó con datos históricos correspondientes al desempeño del OTIF desde la semana 19 a la semana 40 del 2025 correspondiente a los meses de mayo a septiembre.

Como se observa en la **Figura 4**, se presentan fluctuaciones del desempeño, evidenciando semanas, como la 39, con valores significativamente inferiores al objetivo corporativo de 75%. En el gráfico se presenta, la meta corporativa (75%), el mejor desempeño registrado durante el periodo de estudio (74%) y el promedio histórico (69%). La comparación entre estas referencias permitió calcular un GAP de 6% entre el desempeño real promedio y el objetivo esperado.

Figura 4

Serie de tiempo del desempeño semanal del indicador OTIF



En conjunto con el equipo de la empresa, se evaluaron tres escenarios de mejora según el porcentaje de reducción del GAP necesario para aproximarse al objetivo, **Figura 5**.

Figura 5

Escenarios propuesto de mejora de OTIF%

	% de reducción en el GAP	Rendimiento objetivo de OTIF	Reducción de GAP en:
Escenario pesimista	40%	71,4%	2,4%
Escenario realista	75%	73,5%	4.5%
Escenario optimista	100%	75%	6%

2.1.7. Definición del Problema

Se empleó el método de gestión 3W+2H para analizar y precisar el problema, tal como se resume en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Herramienta 3W+2H para definir el problema

¿Qué?	Rendimiento del indicador OTIF por debajo de las expectativas.
¿Dónde?	En el proceso logístico de distribución de producto terminado.
¿Cuándo?	Desde la semana 19 del 2025
¿Qué tanto?	Un rendimiento semanal promedio de 69%
¿Cómo lo sé?	El rendimiento esperado es de 75%

Finalmente se pudo definir el problema como: “Desde la semana 19 del 2025, se ha observado un bajo rendimiento semanal del indicador OTIF por la línea de producto en el proceso logístico de distribución de producto terminado en la empresa de alimentos balanceados.

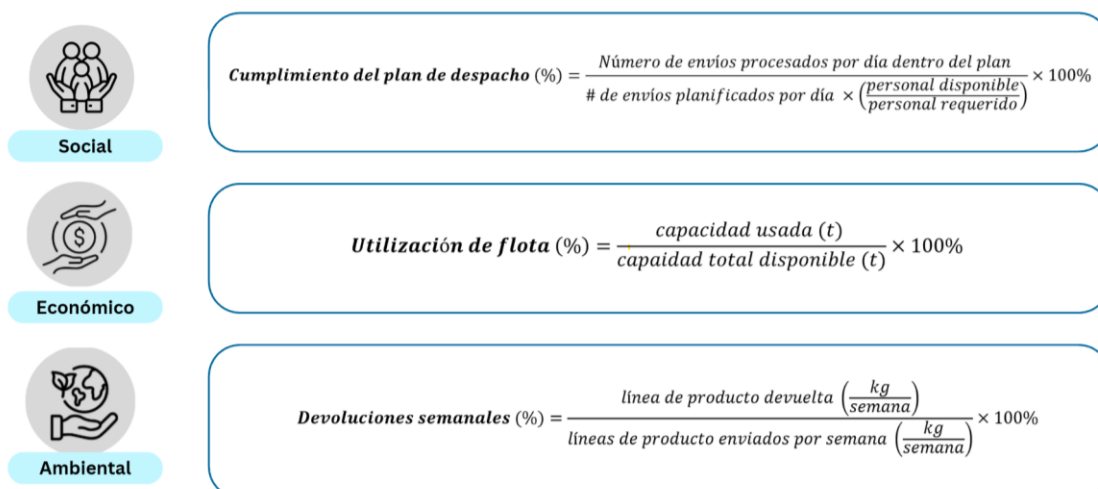
En promedio, el rendimiento semanal ha sido del 69%, mientras que el objetivo corporativo es del 75%.

2.1.8. Triple Bottom Line

Se definieron indicadores específicos orientadas al ámbito económico, social y ambiental, con el fin de evaluar un impacto integral del proyecto más allá del desempeño operativo. Estos indicadores se presentan en la **Figura 6**.

Figura 6

Indicadores del Triple Bottom Line

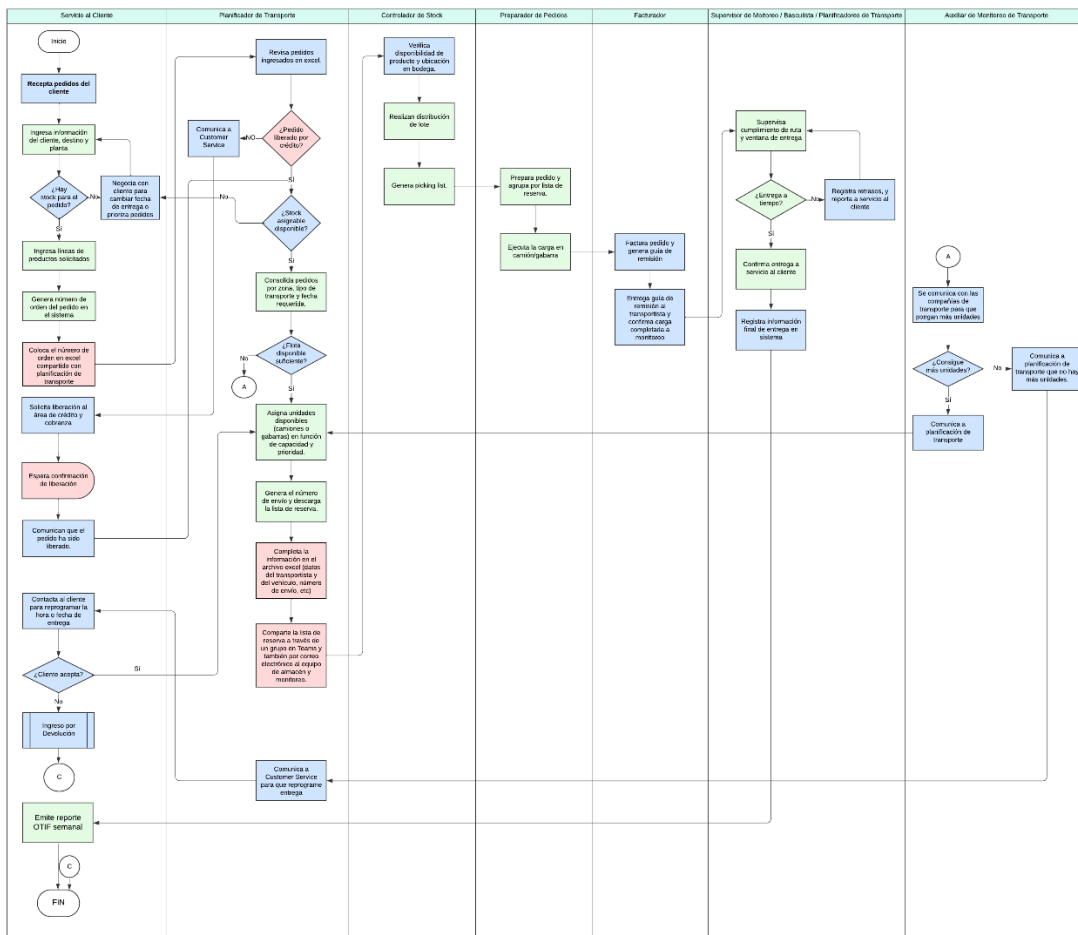


2.1.9. Mapeo del proceso

Se elaboró un flujograma de los procesos que intervienen desde la recepción del pedido hasta la confirmación de la entrega. Este análisis permitió identificar el valor de cada una de las actividades, tal como se observa en la **Figura 7**.

Figura 7

Diagrama de flujo de procesos donde interviene el OTIF



Nota. las actividades que generan valor con color verde, las que no agregan valor con color rojo y aquellas que no agregan valor, pero son necesarias en color celeste

Durante el mapeo se identificaron cuellos de botella asociados principalmente a tiempos de espera por confirmaciones, validaciones administrativas y disponibilidad de recursos, en la **Tabla 4** se presentan los porcentajes por tipo de actividad, así mismo en la **Tabla 5** se muestra el detalle de cada desperdicio identificado en el proceso.

Tabla 4*Análisis AV/NAV/NAVN de actividades*

Estado de la actividad	Porcentaje (%)
Actividades que añaden valor (AV)	42 %
Actividades que no añaden valor (NAV)	9%
Actividades que no añaden valor, pero son necesarias	48%

Tabla 5.*Desperdicios identificados en el flujograma de procesos.*

Proceso	Desperdicio	AV, NAV, NAVN
Introduce el número de pedido en el archivo de Excel compartido con planificación de transporte.	Sobre procesamiento/retrabajo	NAV
Completa la información en el archivo de Excel (datos del transportista y del vehículo, número de envío)	Sobre procesamiento/retrabajo	NAV
Comparte la lista de reservas a través de un grupo en la plataforma Teams y también por correo electrónico con los equipos de almacén y monitoreo.	Sobre procesamiento/retrabajo	NAV
Solicita la liberación al departamento de crédito y cobros.	Espera	NAV
Consulta con las empresas de transporte para ver si tienen más vehículos disponibles	Espera	NAV
Espera por disponibilidad de stock	Espera	NAV
Negociación con el cliente para cambiar fecha de entrega o priorizar los pedidos.	Espera	NAVN

Reintroducción/ajuste de datos debido a errores en los pedidos	Retrabajo	NAVN
--	-----------	------

2.2. Medición

2.2.1. *Plan de recolección de datos de las variables críticas del proceso*

Con el fin de asegurar la validez y confiabilidad de la información recopilada, se elaboró un plan de recolección de datos, el cual se puede observar en las **Figura 8** y **Figura 9**, que especificó el cómo, cuándo, dónde y quién sería el responsable de la recolección.

Figura 8*Plan de recolección de datos*

¿QUÉ?				¿CUANDO?	¿DÓNDE?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?	¿Quién?	Factores de estratificación
Datos a recopilar	Unidad de medida	Tamaño de la muestra	Tipo de datos	Fecha	Ubicación	Método de recolección	Uso futuro	Responsable	
Indicador OTIF (On Time In Full)	%	6 meses	Discreta	De mayo a octubre	Archivo Excel- Informe del indicador OTIF	Revisar datos históricos (Descargar informe de entrega consolidado y calcular OTIF%)	El monitoreo del desempeño general del indicador servirá como métrica para enfocar el problema y también permitirá medir el incremento del indicador luego de la implementación de las mejoras.	Karelys & Lorena - Customer Service Assistants.	Por tipo de cliente Categorías no OTIF Turno de trabajo Modo de transporte Tipo de flota Por componente (OT-IF)
Estado "A tiempo"	Binario (1 = a tiempo, 0 = retraso)	6 meses	Discreta	De mayo a octubre	Archivo Excel- Informe del indicador OTIF	Revisar datos históricos (extraer la fecha/hora prometida frente a la fecha/hora de entrega y calcular la diferencia)	Identificar retrasos específicos de entrega y determinar patrones de incumplimiento relacionados con rutas, horarios, clientes o capacidad operativa, estudiar específicamente el componente "On Time" y analizar cuellos de botella de puntualidad.	Karelys & Lorena - Customer Service Assistants.	Por tipo de cliente Categorías no OTIF Turno de trabajo Modo de transporte Tipo de flota
Estado "Completo"	Binario (1 = a tiempo, 0 = retraso)	6 meses	Discreta	De mayo a octubre	Archivo Excel- Informe del indicador OTIF	Revisar datos históricos (comparar la cantidad solicitada con la cantidad entregada y corregir el SKU)	Medir el nivel de completitud y detectar elementos faltantes o errores.	Karelys & Lorena - Warehouse Supervisor/Customer Service Assistant	Por tipo de cliente Categorías no OTIF Turno de trabajo Modo de transporte Tipo de flota
Tiempo de notificación de división de carga	h	Pedidos realizados desde octubre	Continua	De mayo a octubre	Registro de despacho	Revisar datos históricos (Revisión de las veces en que se notifica al CS sobre el envío dividido)	Identifique los retrasos en la comunicación que afectan el cumplimiento de la puntualidad. Es fundamental analizar si las notificaciones tardías causan retrasos, reprogramaciones o incumplimiento de la OTIF.	Karelys & Lorena - Transportation monitoring analyst, Customer Service Assistants.	Por envío
Tiempo de espera para que comience la carga	h	1 mes	Continua	Desde el 1 de octubre de 2025	Sistema ERP	Revisión de datos históricos (revisión de los tiempos del plan de transporte)	Detectar ineficiencias en la planificación y coordinación del transporte	Karelys & Lorena - Transportation Planning Assistant	Por envío

Figura 9*Plan de recolección de datos*

¿QUÉ?				¿CUANDO?	¿DÓNDE?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?	¿Quién?	Factores de estratificación
Datos a recopilar	Unidad de medida	Tamaño de la muestra	Tipo de datos	Fecha	Ubicación	Método de recolección	Uso futuro	Responsable	
Utilización de la flota	%	1 mes	Continua	Desde el 1 de octubre de 2025	Archivo de Excel: informes de planificación de envíos	Revisar datos históricos (Consolidar datos en una hoja de cálculo de Excel)	Evaluar si la subutilización o saturación de la flota afecta los tiempos de despacho y el cumplimiento del plan diario.	Karelys & Lorena - Transportation equipment	Por envío
Número de envíos procesados por día dentro del plan diario	Envío/por día	1 mes	Discreta	Del 27 de octubre al 7 de noviembre	Archivo de Excel: informes de planificación de envíos	Revisión de documentos (Comparar envíos planificados vs. envíos ejecutados)	Evaluar el cumplimiento del plan de despacho diario. Comparar la capacidad diaria real con la capacidad planificada. Esta información permitirá identificar días críticos, sobrecargas operativas y su relación con los retrasos en la salida de camiones, lo que impacta directamente el rendimiento de OTIF.	Karelys & Lorena - Planning Analyst	Por envío
Tiempo de espera hasta que se genere la orden de entrega	Minutos	Número de guías generadas el 29 de octubre	Continua	29/10/2025	Guías de envío generadas	Gemba (Extraer las horas de inicio y fin del proceso de creación de la nota de entrega)	Identificar el impacto del proceso de facturación en el tiempo disponible para la carga y el despacho. Esto se utilizará para demostrar si la lentitud en la emisión de las guías de embarque causa retrasos posteriores y contribuye al incumplimiento de la OTIF.	Karelys & Lorena - Billing	Por envío
Tiempo de carga del envío	Minutos	1 mes	Continua	Desde el 1 de octubre de 2025	Archivo de Excel: informes de planificación de envíos	Revisión de documentos y Gemba (Registrar horas de inicio y finalización de carga)	Evaluar la eficiencia operativa en el proceso de carga	Karelys & Lorena - Warehouse Supervisor	Por vehículo
Número de líneas de productos devueltas.	Sacos (u)	Número de bolsas devueltas desde el 1 de octubre	Continua	Desde el 1 de octubre de 2025	Archivo Excel- Informe del indicador OTIF	Revisión de documentos y Gemba (Realizar un seguimiento de las devoluciones utilizando los registros de no conformidad de OTIF y verificar que se estén registrando correctamente).	Identificar las causas comunes de devoluciones que afectan el componente "En su totalidad" del OTIF.	Karelys & Lorena - Customer Service Assistant	Por línea de productos

Figura 11

Reporte logístico de estado de entregas

AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU
Reason subcategory	Reason description	Año	Mes	Semana	REASON	AREA	Status	Val factu
		2025	Junio	Sem1	Pedidos partidos	Pedidos Partidos	NO OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1	Pedidos partidos	Pedidos Partidos	NO OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1	Pedidos partidos	Pedidos Partidos	NO OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
Customer Req.	Reschedule : Change Shipment	2025	Junio	Sem1		itud Cliente	NO OTIF	OK
Customer Req.	Reschedule : Change Shipment	2025	Junio	Sem1		itud Cliente	NO OTIF	OK
Customer Req.	Reschedule : Change Shipment	2025	Junio	Sem1		itud Cliente	NO OTIF	OK
Customer Req.	Reschedule : Change Shipment	2025	Junio	Sem1		itud Cliente	NO OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1		dos Partidos	NO OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1		dos Partidos	OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1	Cliente no retira	Cliente no retira	NO OTIF	Revisar
		2025	Junio	Sem1	Cliente no retira	Cliente no retira	NO OTIF	Revisar
		2025	Junio	Sem1	Cliente no retira	Cliente no retira	NO OTIF	Revisar
		2025	Junio	Sem1	Cliente no retira	Cliente no retira	NO OTIF	Revisar
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK
		2025	Junio	Sem1			OTIF	OK

Posteriormente se compararon ambas series de información para evaluar la consistencia entre los resultados reportados, como se observa en la **Tabla 6**, existen ligeras variaciones de aproximadamente ± 5 puntos porcentuales entre una fuente y otra. El resultado del análisis estadístico mostró una correlación alta entre ambas fuentes, como se observa en la **Figura 12**, con un r de 0.977 y un valor p casi nulo, se evidenció una coincidencia casi perfecta entre los valores del OTIF semanal en ambos instrumentos.

Tabla 6

Datos de OTIF semanal recolectados en dos fuentes independientes.

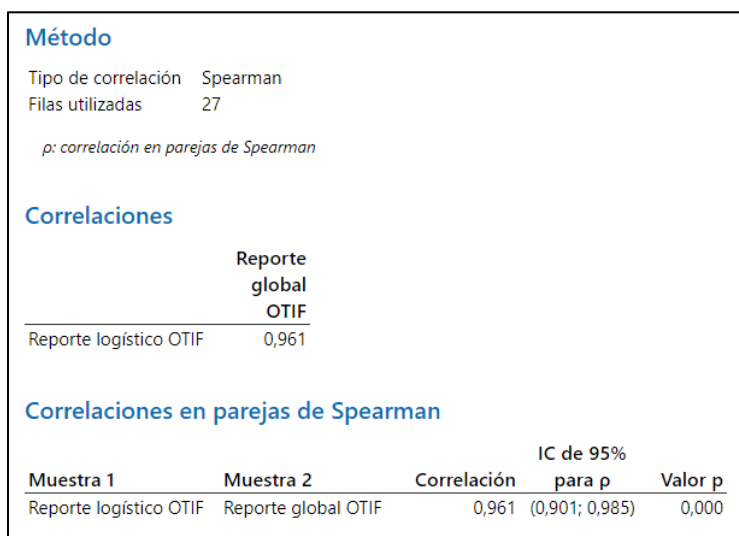
Reporte global OTIF (%)	Reporte logístico OTIF (%)
63	63
71	71
69	67
68	68
70	70
68	68

66	63
73	73
74	74
69	69
72	72
71	70
70	70
73	73
71	71
72	69
73	73
66	66
62	62
70	70
58	58
60	60
69	69
72	72
68	68
71	71
67	67

Nota. Datos recolectados y calculados a través de bases históricas de la empresa.

Figura 12

Correlación entre los datos de OTIF obtenidos de fuentes independientes.



Nota. Se utilizó correlación Spearman dado que los datos no cumplen con supuesto de normalidad

Figura 13

Diagrama de Dispersión para la Consistencia de Métodos de Medición de OTIF

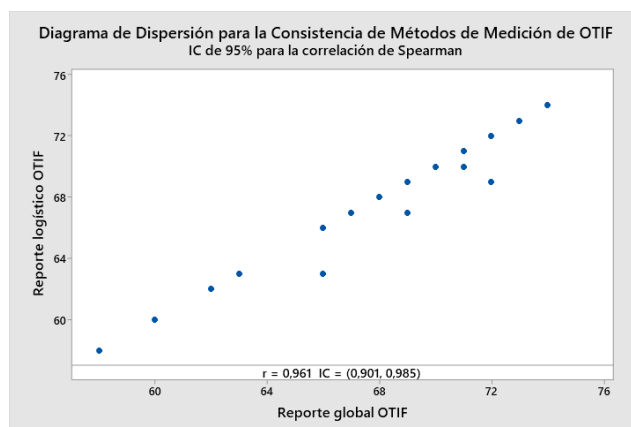
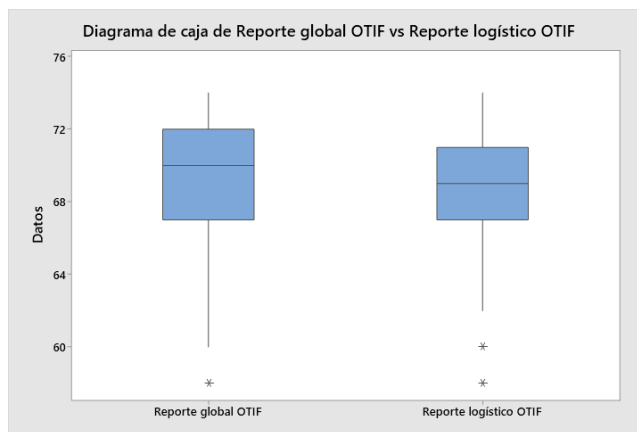


Figura 14

Diagrama de caja de Reporte global OTIF vs Reporte logístico OTIF



Los resultados que se evidencian en las **Figura 13** y **Figura 14**, permitieron concluir que los datos del indicador OTIF son altamente confiables y presentan validez de criterio, ya que ambas fuentes utilizan la misma lógica fundamental de cálculo.

Las **Figura 15** y **Figura 16** muestra un resumen del procedimiento y resultado de la medición de la confiabilidad de los instrumentos de medición, por ende, la validación de los datos.

Figura 15

Resumen de la verificación de la confiabilidad de los datos de variables independientes (1)

Variables	Técnica utilizada	Verificación de confiabilidad y validez	Observaciones	Plan de acción	Data
Tiempo de notificación de división de carga (h)	Método de formas paralelas	<ul style="list-style-type: none"> Las dos fuentes de datos independientes evaluadas muestran una relación lineal positiva fuerte ($r = 0.98$). La consistencia observada confirma que ambos sistemas miden el mismo fenómeno sin discrepancias relevantes. La variable presenta validez de constructo, pues el comportamiento de los datos es coherente con el proceso real, donde la comunicación de tiempos no está formalizada ni sujeta a métricas de control. 	Se observó una ligera diferencia de aproximadamente 5 minutos entre el tiempo registrado en la base de logística y la de CS, esto se debe al tiempo transcurrido entre el registro y la comunicación.	La columna de registro del tiempo de notificación fue una iniciativa del proyecto para poder medir los tiempos de esta variable, un plan de acción sería coordinar con ambos departamentos para mantener este control vigente y coordinar la sincronización de ambos informes.	Reliable
Tiempo de espera para que comience la carga (min)	Método de formas paralelas	<ul style="list-style-type: none"> La correlación $r = 0.80$ entre el instrumento semiautomático (ERP) y el registro manual evidencia un nivel adecuado de confiabilidad entre ambas fuentes. La validez de criterio fue respaldada por el monitoreo operativo, el cual corroboró que las mediciones capturan correctamente el intervalo real desde la llegada hasta el inicio de carga. 	Se observaron ciertos registros incompletos donde se mostraba la hora de carga pero no la de llegada o envíos que se reflejan en el ERP pero no en la base del analista.	Implementar soluciones automatizadas para el registro de estos tiempos.	Reliable
Utilización de la flota (%)	Test-re test	<ul style="list-style-type: none"> Se aplicó test–retest con dos mediciones del mismo indicador obtenidas en momentos distintos, la correlación $r = 0.974$ demuestra una consistencia casi perfecta entre muestras. La validez de criterio fue confirmada, ya que ambas fuentes presentan un comportamiento coherente y las diferencias responden a la variabilidad real del proceso. 	Se observó que el proceso operativo presenta variabilidad atribuible a factores de planeación, disponibilidad de unidades y consolidación de carga.	Reforzar el monitoreo semanal del indicador para observar tendencias de subutilización y coordinar ajustes en la planificación de flota. Integrar los registros actuales del log operativo al dashboard centralizado para mantener la consistencia entre fuentes y asegurar una medición continua.	Reliable

Figura 16

Resumen de la verificación de la confiabilidad de los datos de variables independientes (2)

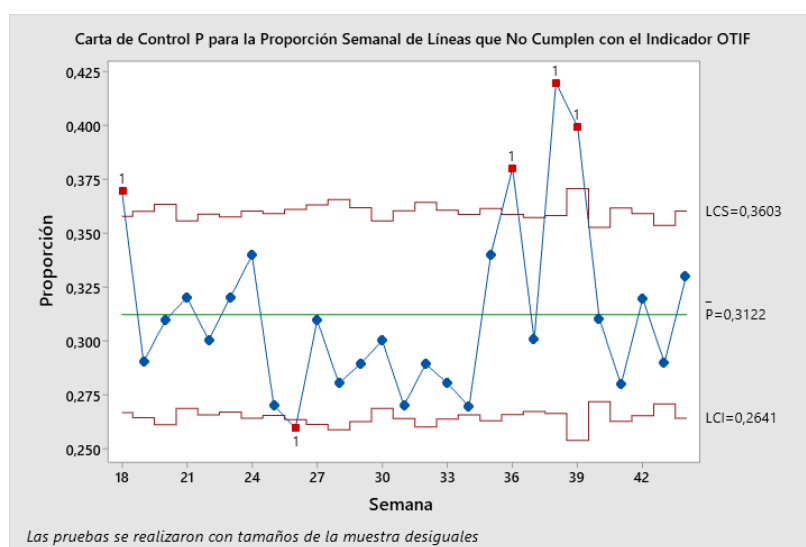
VARIABLES	TÉCNICA UTILIZADA	VERIFICACIÓN DE CONFIABILIDAD Y VALIDEZ	OBSERVACIONES	PLAN DE ACCIÓN	DATA
Número de envíos procesados por día dentro del plan diario	Método de formas paralelas	<ul style="list-style-type: none"> El contraste entre el archivo de planificación y el registro físico de guías arrojó una correlación $r = 1$, indicando precisión absoluta entre ambos sistemas. La validez de criterio se comprobó al observar coincidencia total entre envíos procesados y guías emitidas, lo que confirma que el instrumento mide correctamente el volumen real de despachos diarios. 	Se identificó que el proceso depende de registros manuales que podrían verse afectados ante incrementos de volumen o carga operativa, además de la disponibilidad de mano de obra.	Intervenir en la planificación de turnos y la planificación de envíos.	Reliable
Tiempo de espera hasta que se genera la orden de entrega (min)	Split-halves	<ul style="list-style-type: none"> Se aplicó un formulario vinculado a Excel para registrar inicio y fin de las guías. Al dividir la muestra en dos mitades, se obtuvo una correlación del 87%, confirmando consistencia en las mediciones. La validez de criterio se comprobó al verificar que los tiempos registrados coinciden con los observados en operación (GEMBA). 	No existe información histórica ni registros de tiempo para este paso, se observó que al ser un nuevo paso a la operación que realiza el facturador, existieron guías que no fueron registradas.	Llevar un registro de los causales del porque existen demoras al generar las guías ya que es un punto que se mencionó en el VOC, sin embargo no existe un control operativo.	Reliable
Tiempo de carga del envío (min)	Test-re test	<ul style="list-style-type: none"> La bitácora de despacho mostró una correlación alta y estable entre mediciones tomadas en distintos días. No se identificaron variaciones significativas, lo que confirma que el registro manual es consistente y fácilmente replicable. Se presenta validez de criterio ya que, las mediciones se alinean con el estándar operativo (<30 min) y muestran desviaciones consistentes con la realidad. 	Se observó que hay camiones que realizan cargas parciales y se toma como tiempo de cargas tiempos que pasa el camión a terminar de ser cargado en su totalidad.	Implementar sistemas de marcaciones que permitan registrar los tiempos de carga de forma sencilla y real, sin la necesidad de intervención de un operador a alguien externo.	Reliable
Número de líneas de productos devueltas.	Método de formas paralelas	Se compararon dos fuentes independientes, una de ellas la base de datos de inconformidades del OTIF y una bitácora implementada para esta etapa del proyecto, no se observaron discrepancias entre las cantidades registradas del OTIF y la bitácora, siendo este un instrumento confiable para la recolección de datos. Tiene validez de criterio ya que se observó que el registro se realice de forma adecuada.	Se observó que existen devoluciones parciales y totales.	El indicador debe ser compartido con el equipo logístico para llevar un mejor control del mismo.	Reliable

2.2.3. Análisis de capacidad de variable Y: desempeño de OTIF semanal (%)

Mediante una carta de control tipo P se evaluó la estabilidad del proceso respecto al porcentaje semanal de líneas que no cumplen con el OTIF. La carta que se observa en la **Figura 17**, utilizó como variable el número de defectivos semanales, con tamaños de muestra variables según el número de líneas comprometidas.

Figura 17

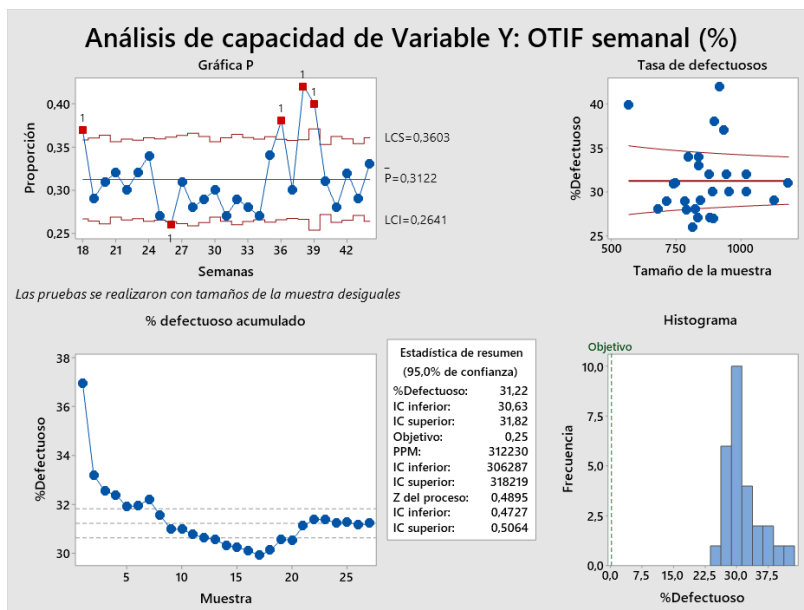
Carta de Control P para la Proporción Semanal de Líneas que No Cumplen con el Indicador OTIF



Nota. semanas fuera de control estadístico (semanas 18, 26, 36, 38 y 39)

Figura 18

Análisis de capacidad binomial de variable Y



Durante el periodo analizado se identificaron cinco semanas fuera de control estadístico, **Figura 17** y **Figura 18**, adicionalmente, se observaron fluctuaciones abruptas entre semanas consecutivas, así como un deterioro significativo en el desempeño entre las semanas 34 y 40, con valores cercanos al 40 % de defectivos. Este comportamiento evidencia que el proceso no es estable con un promedio de defectivos de $P = 0.3122$.

2.2.4. Factores de estratificación

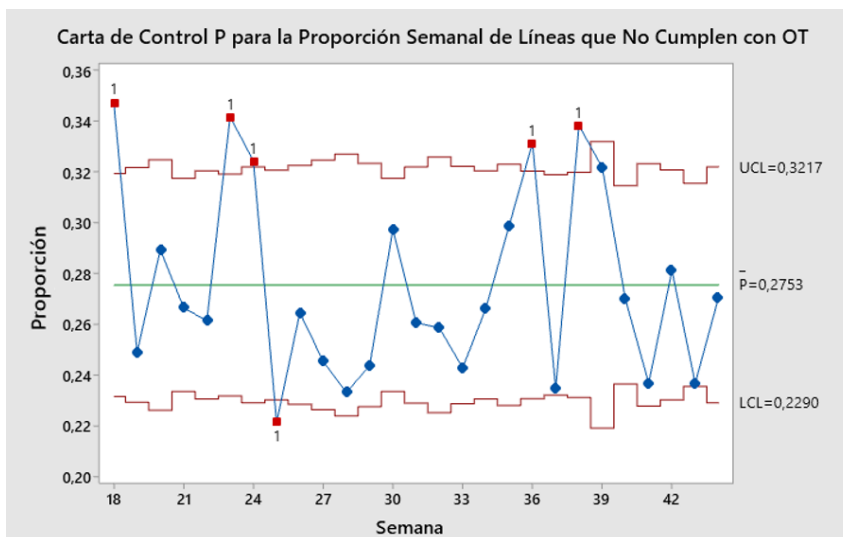
Se aplicó un esquema de estratificación basado en factores operativos y logísticos clave, este enfoque permitió desagregar la variable Y, en la **Tabla 7**, se presentan los factores considerados.

Tabla 7*Resultados de factores de estratificación*

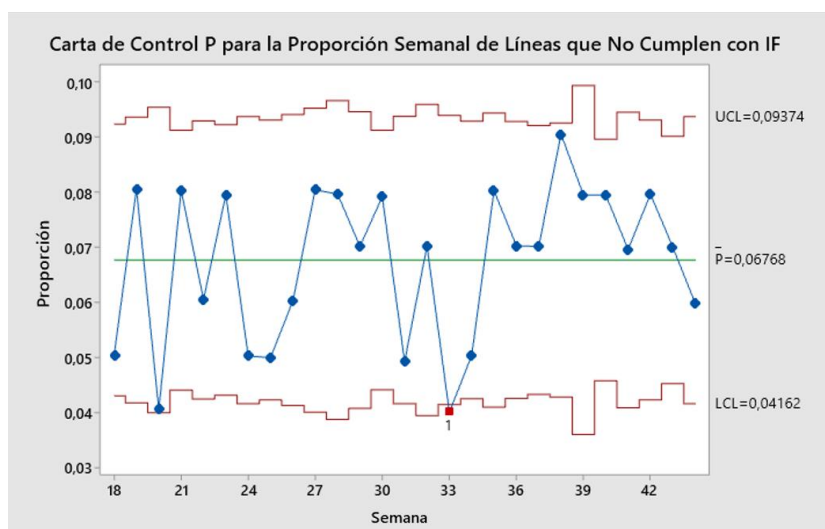
Factor de estratificación	Niveles	Prueba estadística usada	Resultados
Componente del indicador	On time (OT) In Full (IF)	McNemar, análisis de proporciones, carta P	Con un valor p de 0.001 se rechaza la hipótesis nula que establece que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la proporción de pedidos que fallan en "On Time" e "In Full", por lo tanto, además mediante las cartas de control P que se muestran en las y Figura 20 se observa que el indicador OT se encuentra fuera de control. Se concluyó que el incumplimiento del OTIF se debe principalmente al componente On Time.
Turno de trabajo	Turno de la mañana Turno de la tarde	Comparación de proporciones.	El OT en el turno de la mañana presenta un OTIF aproximado de 58 %, muy por debajo del objetivo corporativo del 75 % y más de 30 puntos porcentuales por debajo del turno de la tarde de 89%, por lo tanto, el incumplimiento del OTIF se concentra principalmente en el turno de la mañana.
Tipo de cliente	AQUA AGRI	Comparación de proporciones.	Dentro de esta estratificación los clientes AQUA representan el mayor volumen de envíos y, simultáneamente, el menor desempeño del OTIF (67%), en contraste, el segmento AGRI registra un desempeño superior, con un OTIF de 77%.
Modo de transporte	Terrestre Fluvial	Comparación de proporciones.	Dentro de esta estratificación, el análisis reveló que el transporte fluvial presenta un OTIF promedio cercano al 70 %, mientras que el transporte terrestre cae hasta aproximadamente 66 %. Asimismo, el transporte terrestre muestra mayor variabilidad y concentración de líneas no OTIF.
Tipo de flota	Mula Camiones ligeros Camiones medianos Tráiler	Comparación de proporciones.	Finalmente se encontró que el transporte mayor usado dentro de esta estratificación y con menor desempeño en el OTIF son las “mulas” con (67%).

Figura 19

Carta de control P para la proporción semanal de líneas que no cumplen con OT

**Figura 20**

Carta de control P para la proporción semanal de líneas que no cumplen con IF



2.2.5. Problema enfocado

Luego de estratificar la variable Y, con la ayuda de la herramienta 3W + 2H, se define el problema enfocado como: Desde Mayo del 2025 durante el turno de trabajo de la mañana se ha observado un bajo rendimiento semanal del Componente On Time del indicador OTIF de las

líneas de producto de categoría AQUA, en el proceso de distribución del producto terminado de envíos terrestre a través de mulas. En promedio, el rendimiento semanal ha sido del 67%, mientras que el objetivo corporativo es del 75%.

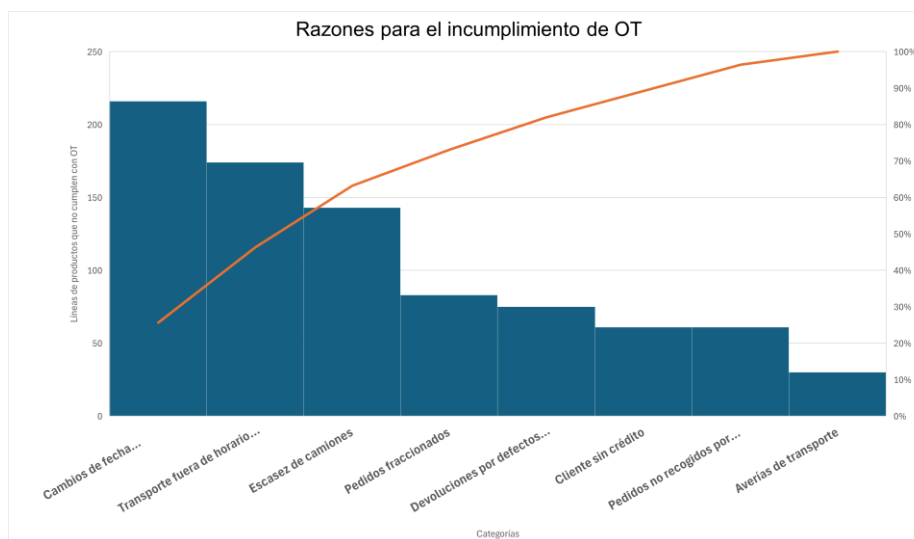
2.3. Análisis

2.3.1 Segmentación de categorías

En base al registro de fallos del indicador realizada por el área de servicio al cliente y la estratificación del problema enfocado, se elaboró un diagrama de Pareto utilizando como criterio la frecuencia de ocurrencia de cada categoría de falla registrada por la empresa, como se muestra en la **Figura 21**.

Figura 21

Diagrama de Pareto con categorías de incumplimiento OT



Los resultados evidenciaron que solo cuatro categorías concentran aproximadamente el 80% de los incumplimientos del On Time, estas son: Cambios de fecha solicitadas por el cliente, transporte fuera de tiempo, falta de disponibilidad de camiones, pedidos divididos, esta última se

atribuye al componente OT, ya que es ocasionada por la falta de unidades de transporte, el análisis posterior se centró en estas cuatro causas principales.

2.3.2 Lluvia de ideas y diagrama causa-efecto

Se realizó una lluvia de ideas con la participación de actores claves para el proyecto, incluyendo logística, servicio al cliente y transporte, a partir de esto, se elaboraron diagramas de Ishikawa, clasificando las causas en: mano de obra, método, máquina o medios, materiales o información y medio ambiente, a continuación, se presentan los diagramas realizados. Los diagramas elaborados se presentan en las **Figura 22-Figura 25**.

Figura 22

Diagrama de Ishikawa para primera categoría "Cambios de fecha solicitadas por el cliente".

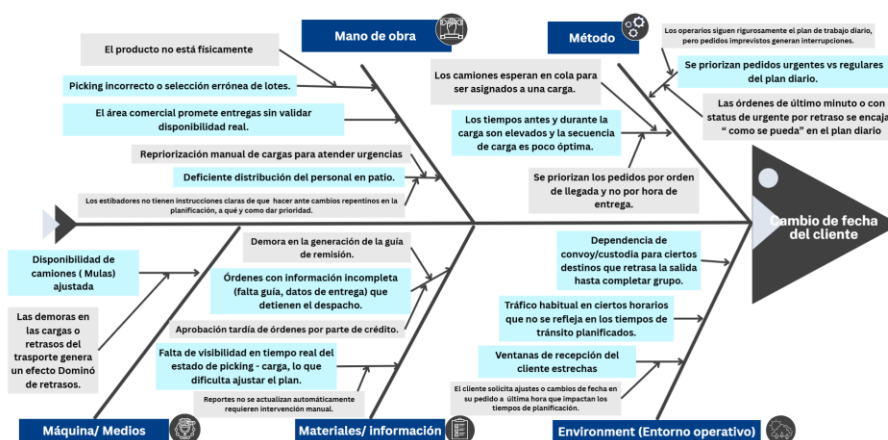


Figura 23

Diagrama de Ishikawa para segunda categoría “transporte fuera de tiempo”.

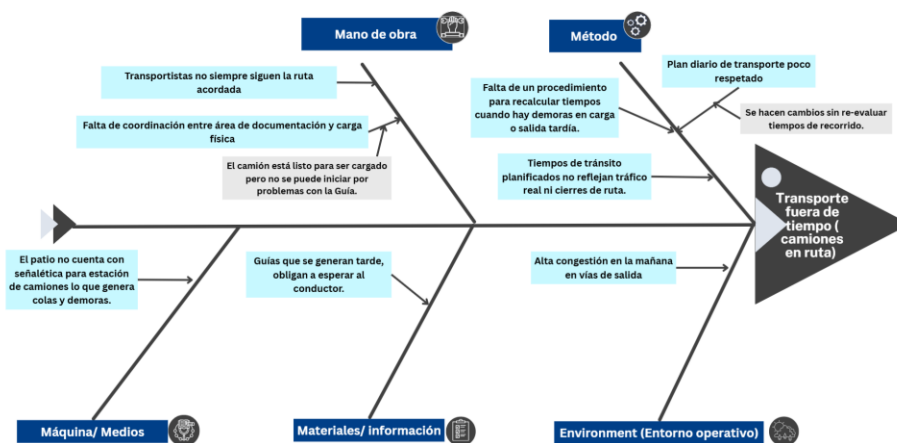


Figura 24

Diagrama de Ishikawa para tercera categoría “falta de disponibilidad de camiones”.

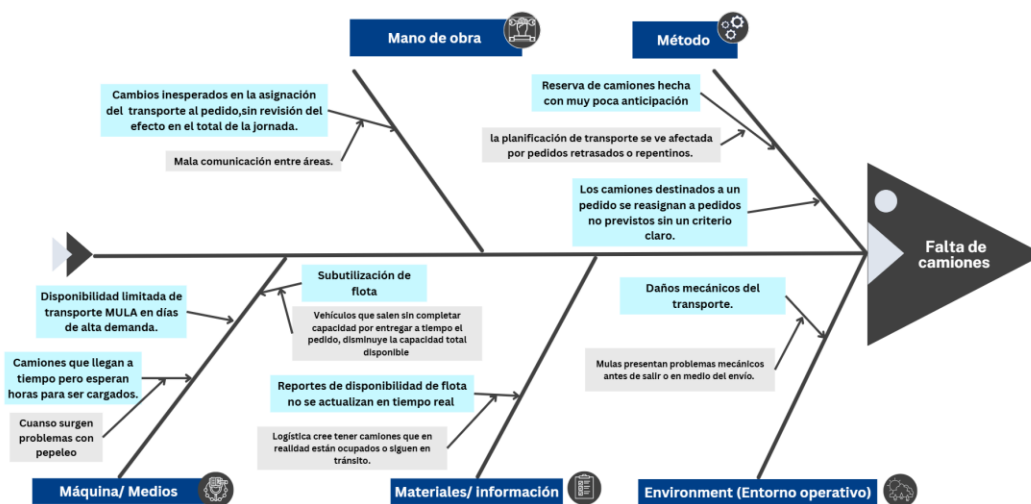
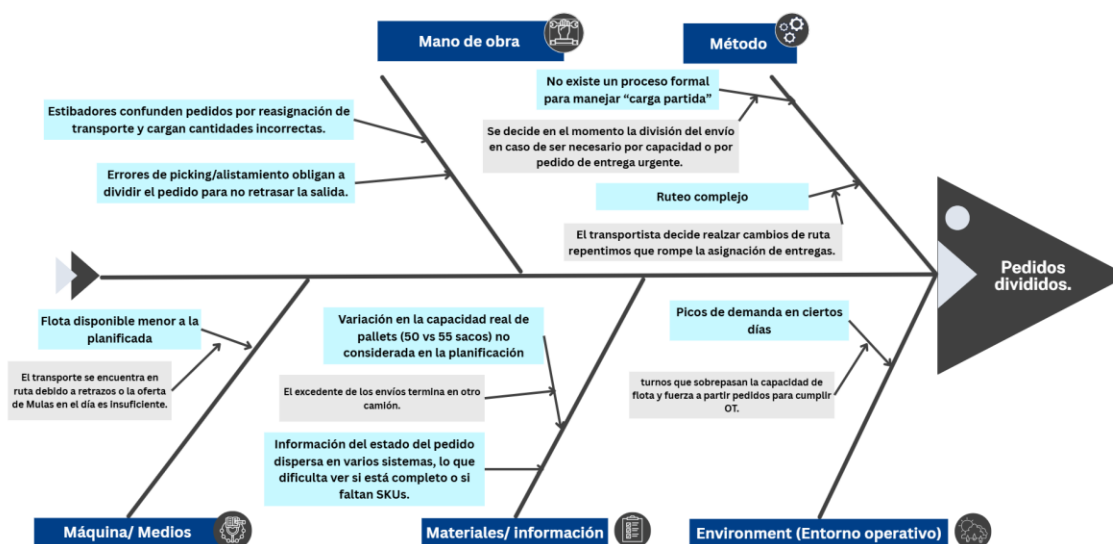


Figura 25

Diagrama de Ishikawa para cuarta categoría "pedidos divididos".



2.3.3 Matriz causa efecto

Con las causas clasificadas y la intervención de los mismos actores se realizó una matriz causa efecto, con una escala de puntuación que se observa en la **Tabla 8**. Al final se realizó una suma del puntaje asignado por cada actor.

Tabla 8

Escala de calificación para matriz causa efecto

Escala de calificación	
Valores	Descripción
0	No importante / afecta de forma ocasional, casi nula
1	Baja importancia/ Pocamente afectado
3	Importancia Media/ les afecta moderadamente
9	Importancia alta / les afecta con mucha frecuencia.

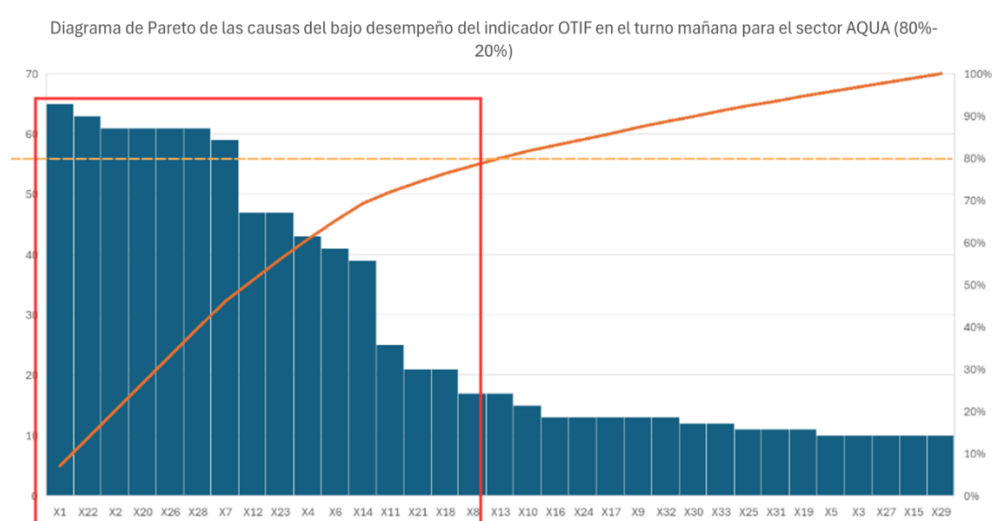
Figura 26*Matriz causa efecto*

Number	Causas	Logistic Manager (Key customer)	Customer Service Manager	Planificador de transporte	Analista de monitoreo de transporte	Auxiliar de monitoreo de transporte.	Preparador de pedidos.	Facturador	Estibadores	Conductores de Flota	Total
Método											
X1	Se priorizan pedidos urgentes vs regulares.	9	9	9	9	9	9	1	9	1	65
X2	Los tiempos durante la carga son elevados y la secuencia de carga es poco óptima.	9	3	9	9	9	3	1	9	9	61
X3	Se hacen cambios en el plan diario de transporte sin re-evaluar tiempos de recorrido.	3	1	1	1	1	1	0	1	1	10
X4	Falta de un procedimiento para recalcular tiempos cuando hay demoras en carga o salidas tardías.	9	3	9	9	3	3	1	3	3	43
X5	Tiempos de tránsito planificados no reflejan tráfico real ni cierres de ruta.	1	1	1	3	1	0	1	1	1	10
X6	Reserva de camiones hecha con muy poca anticipación	9	3	9	9	3	1	1	3	3	41
X7	Los camiones destinados a un pedido se reasignan a pedidos no previstos sin un criterio claro.	9	9	9	9	9	3	1	9	1	59
X8	No existe un proceso formal para manejar "carga partida"	3	3	1	1	3	1	1	3	1	17
X9	Ruteo complejo (El transportista decide realizar cambios de ruta repentinos que rompe la asignación de entregas)	3	1	3	1	1	0	0	1	3	13
Mano de obra											
X10	Picking incorrecto o selección errónea de lotes.	3	3	1	1	1	3	0	3	0	15
X11	El área comercial promete entregas sin validar disponibilidad real.	3	3	9	3	1	3	3	0	0	25
X12	Deficiente distribución del personal en patio.	9	3	3	9	3	9	1	9	1	47
X13	Transportistas no siempre siguen la ruta acordada	3	1	3	3	3	0	0	1	3	17
X14	Falta de coordinación entre área de documentación y carga física	9	3	3	1	1	3	9	9	1	39
X15	Cambios inesperados en la asignación del transporte al pedido, sin revisión del efecto en el total de la jornada.	3	1	1	1	1	1	0	1	1	10
X16	Estibadores confunden pedidos por reasignación de transporte y cargan cantidades incorrectas.	3	1	1	1	1	3	0	3	0	13
X17	Errores de picking/alistamiento obligan a dividir el pedido para no retrasar la salida.	3	1	1	1	1	3	1	1	1	13

Máquina/Medios											
X18	Disponibilidad de camiones (Mulas) ajustada	3	1	3	3	3	1	1	3	3	21
X19	El patio no cuenta con señalética para estación de camiones lo que genera colas y demoras.	1	1	1	1	1	1	1	1	3	11
X20	Camiones que llegan a tiempo pero esperan horas para ser cargados.	9	3	9	9	9	3	1	9	9	61
X21	Flota disponible menor a la planificada	3	3	3	3	1	1	1	3	3	21
X22	Subutilización de flota	9	3	9	9	9	3	3	9	9	63
Materiales/ información											
X23	Órdenes con información incompleta, falta guía de remisión por demoras en generarla	9	9	3	1	1	3	9	9	3	47
X24	Falta de visibilidad en tiempo real del estado de picking - carga, lo que dificulta ajustar el plan.	1	1	1	1	1	3	1	3	1	13
X25	Aprobación tardía de órdenes por parte de crédito.	1	1	1	1	1	1	3	1	1	11
X26	El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre las áreas involucradas.	9	3	9	9	9	3	1	9	9	61
X27	Variación en la capacidad real de pallets (50 vs 55 sacos) no considerada en la planificación.	3	0	1	3	1	1	0	1	0	10
X28	Información del estado del pedido dispersa en varios sistemas, lo que dificulta ver si está completo o si faltan SKUs.	9	9	9	9	9	3	1	9	3	61
Medio ambiente (entorno operativo)											
X29	Dependencia de convoy/custodia para ciertos destinos que retrasa la salida hasta completar grupo.	1	1	1	1	1	1	0	1	3	10
X30	Tráfico habitual en ciertos horarios que no se refleja en los tiempos de tránsito planificados.	1	0	1	3	1	1	1	1	3	12
X31	Ventanas de recepción del cliente estrechas	1	1	3	3	0	1	0	1	1	11
X32	Alta congestión en la mañana en vías de salida	1	1	1	3	1	1	1	1	3	13
X33	Daños mecánicos del transporte.	1	1	3	1	1	1	0	1	3	12

Nota. Se tomó el aporte de 5 conductores de “mulas” y 10 operadores del turno de la mañana encargados de la carga de los envíos.

Con los resultados de la matriz causa efecto presentada en la **Figura 26**, se construyó un diagrama de Pareto (**Figura 27**) para identificar las causas principales, evidenciando aquellas que concentran el 80%.

Figura 27*Diagrama de Pareto de causas*

2.3.4 Matriz control impacto

Por medio de esta matriz (*Figura 28*) se pudo clasificar las causas potenciales, las cuales fueron enlistadas en la *Tabla 9*, que resultaron del diagrama de Pareto anterior, midiendo el nivel de control e impacto de cada una de ellas, quedando como resultado las que se encuentran en el cuadrante de bajo control y alto impacto.

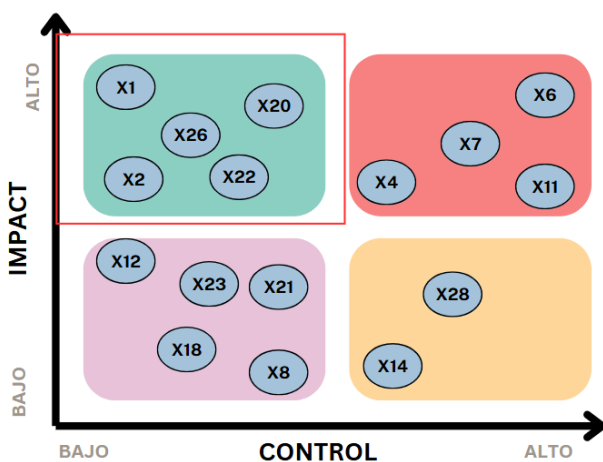
Tabla 9*Posibles causas*

X's	Posibles causas
X1	Se priorizan pedidos urgentes vs regulares.
X22	Subutilización de flota
X2	Los tiempos durante la carga son elevados y la secuencia de carga es poco óptima
X20	Camiones que llegan a tiempo, pero esperan horas para ser cargados
X26	El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre las áreas involucradas.
X28	Información del estado del pedido dispersa en varios sistemas, lo que dificulta ver si está completo o si faltan SKU.

X7	Los camiones destinados a un pedido se resignan a pedidos no previstos sin un criterio claro.
X12	Deficiente distribución del personal en patio.
X23	Órdenes con información incompleta, falta guía de remisión por demoras en generarla
X4	Falta de un procedimiento para recalcular tiempos cuando hay demoras en carga o salidas tardías.
X6	Reserva de camiones hecha con muy poca anticipación
X14	Falta de coordinación entre área de documentación y carga física
X11	El área comercial promete entregas sin validar disponibilidad real.
X21	Flota disponible menor a la planificada
X18	Disponibilidad de camiones (Mulas) ajustada
X8	No existe un proceso formal para manejar “carga partida”

Figura 28

Matriz control impacto



2.3.5 Plan de verificación de causas

A partir de las causas clasificadas como de alto impacto y bajo control, presentadas en la *Tabla 10*, se realizó un plan de verificación de causas (*Figura 29*), el cual toma en cuenta la

teoría de impacto que justifica su relación con la variable Y, así como el método estadístico utilizado para confirmar o descartar su influencia.

Tabla 10

Causas de bajo control y alto impacto

X's	Causas de bajo control y alto impacto
X1	Se priorizan pedidos urgentes vs regulares.
X22	Subutilización de flota
X2	Los tiempos durante la carga son elevados y la secuencia de carga es poco óptima
X20	Camiones que llegan a tiempo, pero esperan horas para ser cargados
X26	El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre las áreas involucradas.

Figura 29

Plan de verificación de causas

X's	Posibles causas	Impacto de X en Y (teoría del impacto)	¿Cómo se verifica? (Método)	Responsables de verificación	Estado
X1	Se priorizan pedidos urgentes vs regulares	Cuando se priorizan pedidos repentinos o marcados como "urgentes" por demoras, se altera la planificación diaria, se producen reprogramaciones, se retrasan envíos programados para ese día y la ventana de tiempo del cliente se reduce, lo que afecta el desempeño del indicador OTIF en su componente OT.	Se realizará un análisis estadístico correlacional y predictivo (correlación de Spearman) utilizando datos históricos semanales del indicador OTIF y el porcentaje de líneas tramitadas como urgentes. Para complementar y evaluar la capacidad predictiva, se aplicará una regresión lineal, considerando que los residuos cumplen los supuestos del modelo.	Lorena y Karelys	Significativa
X20	Los camiones llegan a tiempo pero esperan horas para ser cargados.	Los retrasos en el inicio de la carga dentro de los tiempos establecidos provocan que el camión no salga hacia el cliente a la hora programada, ocasionando demoras que se intensifican en rutas largas y también generan retrasos en la salida de embarques posteriores, afectando el cumplimiento de tiempo en OTIF.	Se realizará un análisis de correlación de Spearman utilizando datos históricos semanales de OTIF y los tiempos de espera hasta el inicio de la carga. Esto se reforzará con una prueba de Kruskal-Wallis (prueba no paramétrica) para comparar las medianas de OT entre las categorías de tiempo de espera alto y bajo. Un diagrama de cajas ilustrará las diferencias entre estos dos grupos.	Lorena y Karelys	Significativa
X26	El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre las áreas involucradas.	Cuando la visibilidad de la disponibilidad de la flota se retrasa o no está actualizada, se planifican cargas para camiones que no están realmente disponibles, lo que conlleva reprogramaciones, y se asignan camiones con retraso a pedidos que estaban listos. Esto afecta el rendimiento de OTIF no solo en términos de entrega puntual, sino también en términos de entrega completa, ya que decisiones reactivas, como las reasignaciones por retrasos, a menudo resultan en la división de los envíos.	Este problema se verificará in situ mediante Gemba en el patio de despacho, ya que está directamente relacionado con las operaciones reales y el flujo de información. Mediante la observación, esperamos identificar inconsistencias entre el estado físico de la flota y lo registrado en el sistema (Excel).	Lorena y Karelys	Significativa
X22	Subutilización de la flota	La subutilización de la flota se debe a la urgencia de entregar los envíos a tiempo. Cuando la flota está subutilizada, se deben utilizar más camiones, lo que congestiona el patio, aumenta los tiempos de espera y, en consecuencia, genera fraccionamiento de pedidos, lo que afecta directamente el rendimiento de OTIF.	Se utilizará la prueba U de Mann-Whitney (prueba no paramétrica) para identificar diferencias significativas en el rendimiento del indicador OT entre escenarios de alta y baja utilización de la flota (MULAS) en el turno matutino del sector AQUA. También se utilizará un diagrama de caja para visualizar la dispersión y respaldar el análisis, así como un análisis de correlación de Spearman.	Lorena y Karelys	Significativa
X2	Los tiempos de carga son largos y la secuencia de carga no es óptima.	El proceso de carguío lento alarga el tiempo total de carga, lo que retrasa la salida del transporte, genera retrabajos y presión sobre los envíos, poniendo en riesgo el cumplimiento de los tiempos.	Se utilizará la prueba U de Mann-Whitney (prueba no paramétrica) para identificar diferencias significativas en el rendimiento del indicador de tiempo de trabajo (OT) entre escenarios de tiempo de carga alto y bajo en el turno de mañana para el sector ACUÁTICO. También se utilizará el análisis de correlación de Spearman.	Lorena y Karelys	No significativa

2.3.1. Verificación de causas

X1: Priorización de pedidos urgentes vs regulares del plan diario

Se realizó un análisis estadístico con data histórica (*Tabla 11*), para evaluar el impacto de la priorización de pedidos urgentes sobre el desempeño del Indicador estratificado.

Tabla 11

Datos para verificación de causa X1

Semana	Número de líneas despachadas	Número de líneas despachadas como urgente	OTIF semanal%
18	933	34	63
19	844	18	71
20	740	22	69
21	1021	28	68
22	892	20	70
23	943	27	68
24	836	30	66
25	881	14	73
26	813	12	74
27	746	25	69
28	678	16	72
29	784	18	71
30	1023	21	70
31	833	15	73
32	712	19	71
33	824	17	72
34	894	14	73
35	797	32	66
36	897	38	62
37	955	22	70
38	917	41	58
39	566	36	60

40	1183	24	69
41	790	16	72
42	879	27	68
43	1128	19	71
44	836	29	67

Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para determinar la existencia de una relación monótona entre ambas variables, bajo el siguiente contraste de hipótesis:

- $H_0: \rho = 0$, No existe relación monótonica entre las líneas de producto tratadas como urgente (%) y el OTIF estratificado (%)
- $H_1: \rho \neq 0$, Si existe relación entre ambas variables.

Los resultados (**Figura 30** y **Figura 31**) mostraron una correlación negativa fuerte y estadísticamente significativa, además con un valor p menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que a medida que aumenta el porcentaje de pedidos con estatus urgente durante la semana, el desempeño del OTIF estratificado disminuye de manera considerable.

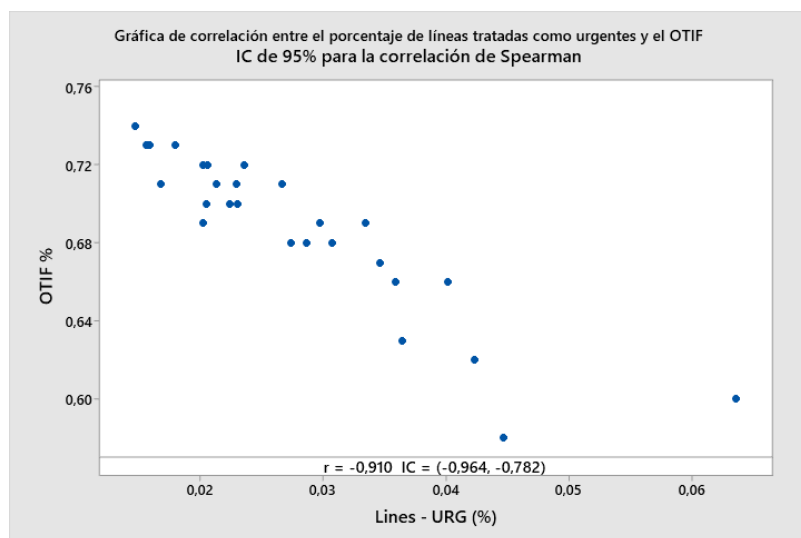
Figura 30

Correlación de Spearman para causa XI

Método				
Tipo de correlación	Spearman			
Filas utilizadas	27			
<i>p: correlación en parejas de Spearman</i>				
Correlaciones				
	Lines -			
	URG (%)			
OTIF %		-0,910		
Correlaciones en parejas de Spearman				
Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
OTIF %	Lines - URG (%)	-0,910	(-0,964; -0,782)	0,000

Figura 31

Gráfica de correlación de Spearman para causa X1



En conclusión, la priorización recurrente de pedidos urgentes desestabiliza la planificación diaria y afecta a la capacidad de cumplir con los tiempos comprometidos al cliente, la causa X1 quedó verificada como un factor significativo que contribuye al bajo rendimiento del componente ON TIME del indicador OTIF.

X20: Camiones que llegan a tiempo, pero esperan horas para iniciar la carga

Mediante los registros históricos (*Tabla 12*) se realizaron cálculos por semana del tiempo promedio de espera hasta el inicio de carga y se los clasificó como alto o bajo según el estándar operativo de 60 min.

Tabla 12*Datos para verificación de causa X20*

Semana	OTIF semanal%	Promedio de tiempos de espera para iniciar la carga (min)
18	63	82
19	71	52
20	69	58
21	68	70
22	70	55
23	68	74
24	66	96
25	73	33
26	74	28
27	69	62
28	72	41
29	71	49
30	70	53
31	73	36
32	71	47
33	72	43
34	73	34
35	66	88
36	62	104
37	70	57
38	58	112
39	60	90
40	69	60
41	72	39
42	68	72
43	71	48
44	67	80

Dado la ausencia de una relación lineal, se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman con las siguientes hipótesis.

- $H_0: \rho = 0$, No existe relación monotónica entre el tiempo de espera y el OTIF
- $H_1: \rho \neq 0$, Si existe relación entre ambas variables.

Se evidenció una correlación negativa fuerte y estadísticamente significativa, lo que indica que mayores tiempos de espera reducen el desempeño del OT bajo los criterios de estratificación. Estos resultados se muestran en la **Figura 32**.

Figura 32

Resultados de correlación para causa X20

Método				
Tipo de correlación	Spearman			
Filas utilizadas	27			
<i>ρ: correlación en parejas de Spearman</i>				
Correlaciones				
		OTIF %		
waiting times to start loading		-0,991		
Correlaciones en parejas de Spearman				
Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
waiting times to start loading	OTIF %	-0,991	(-0,996; -0,975)	0,000

Mediante una prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis (**Figura 33**) se comparó el OT entre semanas con tiempos de espera altos y bajos, se obtuvo un valor p de 0006, lo que confirmó diferencias estadísticamente significativas que validan la causa x20.

Figura 33

Test Kruskal-Wallis para verificar causa X20

Test				
Null hypothesis	H ₀ : All medians are equal			
Alternative hypothesis	H ₁ : At least one median is different			
Method	DF	H-Value	P-Value	
Not adjusted for ties	1	18,43	0,006	
Adjusted for ties	1	18,61	0,006	
Descriptive Statistics				
waiting times to start				
loadin_1	N	Median	Mean Rank	Z-Value
ALTA	11	0,66	6,1	-4,29
BAJA	16	0,71	19,4	4,29
Overall	27		14,0	

X26: El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre áreas involucradas.

La verificación se realizó in situ, en el patio de despacho, donde se observaron discrepancias entre el estatus registrado en el sistema y es estado real del pedido, esto generó retrasos en la asignación de transporte por el uso de información desactualizada.

Se evidenció que 32% de los camiones, es decir 7 de los 22 camiones observados presentaron discrepancia entre su estado real y el registro, lo que ocasionó tiempos muertos de 18 a 47 minutos, en total se verificó que al menos 6 líneas de productos experimentaron retrasos atribuidos a esta causa durante los días evaluados.

X22: Subutilización de flota

Se analizaron los registros históricos de utilización de flota (**Tabla 13**), clasificando las semanas en alta y baja utilización según los criterios definidos en la etapa de medición.

Tabla 13*Datos usados para verificación de causa X22*

Semana	OTIF semanal%	Utilización (%)	Nivel de utilización
18	63	70	BAJA
19	71	78	BAJA
20	69	81	ALTA
21	68	74	BAJA
22	70	79	BAJA
23	68	76	BAJA
24	66	67	BAJA
25	73	86	ALTA
26	74	89	ALTA
27	69	80	BAJA
28	72	85	ALTA
29	71	82	ALTA
30	70	77	BAJA
31	73	83	ALTA
32	71	81	ALTA
33	72	88	ALTA
34	73	90	ALTA
35	66	71	BAJA
36	62	68	BAJA
37	70	78	BAJA
38	58	64	BAJA
39	60	73	BAJA
40	69	76	BAJA
41	72	84	ALTA
42	68	75	BAJA
43	71	78	BAJA
44	67	90	ALTA

Se realizó una prueba de correlación de Spearman con el fin de determinar la existencia de una relación monótona entre el porcentaje de utilización de la flota y el OTIF semanal, se aplicó la prueba bajo las siguientes hipótesis:

- H0: No existe relación entre la utilización de flota y el OTIF
- H1: Existe correlación monótona entre ambas variables

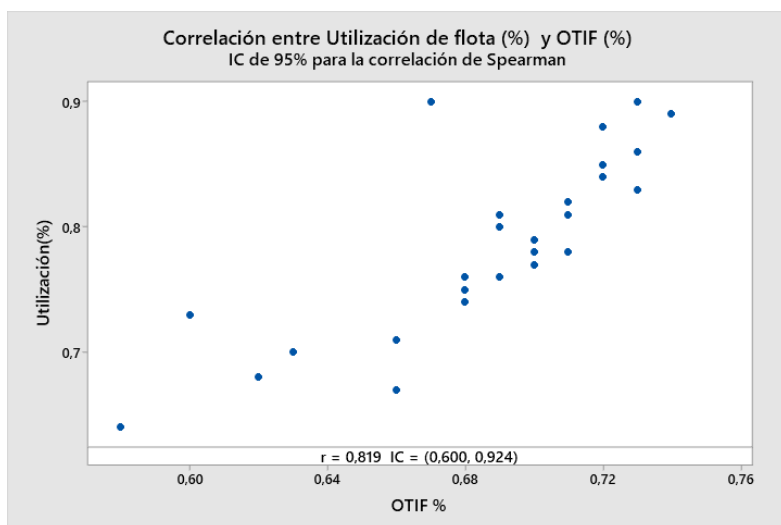
Figura 34

Prueba de correlación para causa X22

Método				
Tipo de correlación	Spearman			
Filas utilizadas	27			
<i>ρ: correlación en parejas de Spearman</i>				
Correlaciones				
	<u>OTIF %</u>			
Utilización(%)	0,819			
Correlaciones en parejas de Spearman				
Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
Utilización(%)	OTIF %	0,819	(0,600; 0,924)	0,000

Figura 35

Gráfico de correlación para causa X22



Se obtuvo un coeficiente de correlación positiva y estadísticamente significativa de 0.819, este resultado indica que las semanas con mayor utilización de flota presentan mejores niveles de OTIF, como se muestra en las **Figura 34** y **Figura 35**.

Se aplicó la prueba paramétrica de Mann-Whitney U con el fin de contrastar diferencias en la mediana del OTIF entre escenarios de alta y baja subutilización de flota.

Figura 36

Prueba Mann-Whitney para causa X22

Método		
η_1 : mediana de S-OTIF-ALTA η_2 : mediana de S-OTIF-BAJA Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$		
Estadísticas descriptivas		
Muestra	N	Mediana
S-OTIF-ALTA	12	0,72
S-OTIF-BAJA	15	0,68
Estimación de la diferencia		
Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
0,0400000	(0,0200000; 0,07)	95,19%
Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	236,00	0,001
Ajustado para empates	236,00	0,001

Como resultado (**Figura 36**), se confirmó diferencias estadísticamente significativas en la mediana del OTIF, evidenciando que la subutilización de la flota es causante significativo.

X2: Los tiempos durante la carga son elevados y la secuencia de carga es poco óptima

Para la verificación de esta causa, se analizaron los registros históricos de tiempo de carga, calculando promedios semanales y clasificándolos en altos y bajos según los parámetros operativos establecidos en el CTQ, los cuales se observan en la **Tabla 14**.

Tabla 14

Datos utilizados para la verificación de X2

Semana	OTIF semanal%	Tiempo medio de carga (min)	Nivel de tiempo de carga
18	63	33	BAJO
19	71	29	BAJO
20	69	41	ALTO

21	68	27	BAJO
22	70	36	ALTO
23	68	48	ALTO
24	66	32	BAJO
25	73	30	BAJO
26	74	44	ALTO
27	69	28	BAJO
28	72	52	ALTO
29	71	39	ALTO
30	70	31	BAJO
31	73	47	ALTO
32	71	22	BAJO
33	72	45	ALTO
34	73	30	BAJO
35	66	50	ALTO
36	62	26	BAJO
37	70	53	ALTO
38	58	40	ALTO
39	60	34	BAJO
40	69	29	BAJO
41	72	36	ALTO
42	68	51	ALTO
43	71	43	ALTO
44	67	27	BAJO

Se aplicó la prueba de Spearman para determinar si existía una relación monotónica entre ambas variables, las hipótesis evaluadas fueron:

- H0: No existe relación monotónica entre el tiempo medio de carga y el OTIF
- H1: Existe una relación monotónica entre ambas variables.

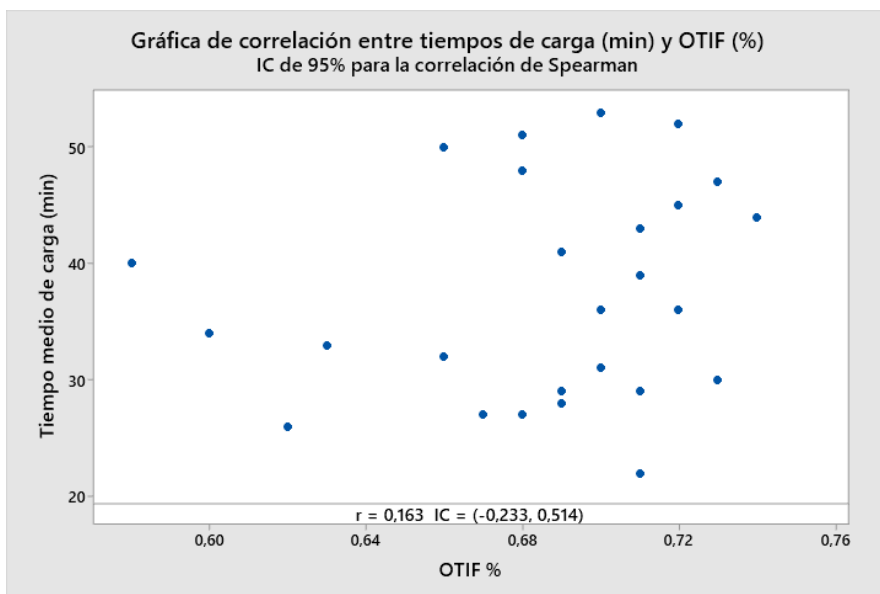
Figura 37

Prueba de correlación para causa X2

Método				
Tipo de correlación	Spearman			
Filas utilizadas	27			
<i>p</i> : correlación en parejas de Spearman				
Correlaciones				
	OTIF %			
Tiempo medio de carga (min)	0,163			
Correlaciones en parejas de Spearman				
Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Tiempo medio de carga (min)	OTIF %	0,163	(-0,233; 0,514)	0,415

Figura 38

Gráfica de correlación para causa X2



Con un coeficiente de correlación de 0.163 y un valor $p > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula, esto indica que hay una relación débil y no significativa entre ambas variables, resultado que se evidencia en las *Figura 37* y *Figura 38*.

2.3.6 Análisis de 5 porque

Para conocer las causas raíz asociadas a cada causa se aplicó la metodología 5 por qué, como se muestra en las *Tabla 15-Tabla 18*.

Tabla 15

Análisis de 5 porqué para causa XI

Causa	¿POR QUÉ?				Causa raíz
	1	2	3	4	
Se priorizan pedidos urgentes vs regulares	¿Por qué se priorizan los pedidos urgentes sobre los regulares?	¿Por qué los pedidos están marcados como urgentes?	¿Por qué se ha cambiado la fecha de entrega?	¿Por qué se aceptan solicitudes de cambio de fecha para todos los clientes?	Como no existe ningún criterio que priorice a los clientes, todos reciben el mismo trato.
	Como política, cualquier pedido marcado como “urgente” tiene prioridad.	Porque la fecha de entrega del pedido se ha fijado o cambiado al mismo día.	Porque los representantes de ventas aceptan solicitudes de cambios de fecha de todos los clientes.	Como no existe ningún criterio que priorice a los clientes, todos reciben el mismo trato.	

Tabla 16*Análisis de 5 porqué para causa X20*

Causa	¿POR QUÉ?				Causa raíz
	1	2	3	4	
Los camiones llegan a tiempo, pero esperan horas para ser cargados.	¿Por qué los camiones esperan horas para empezar a cargar?	¿Por qué están ocupados los espacios asignados?	¿Por qué no se cumplen los tiempos planificados?	¿Por qué hay retrasos en la reorganización de la asignación de carga a los vehículos?	Asignación de carga basada en un proceso manual que consume tiempo excesivo al reorganizar los cambios de asignación.
	Porque cuando llegan, su espacio asignado está ocupado por otro camión.	Porque no se cumplen los horarios previstos.	Porque hay retrasos en la reorganización de la asignación de carga a los vehículos cuando hay cambios.	Asignación de carga basada en un proceso manual que consume tiempo excesivo al reorganizar los cambios de asignación.	

Tabla 17*Análisis de 5 porqué para causa X26*

Causa	¿POR QUÉ?		Causa raíz
	1	2	
El estado del pedido no se conoce en tiempo real entre las áreas involucradas.	¿Por qué el estado del pedido no está disponible en tiempo real?	¿Por qué en la herramienta no se registra el progreso?	El flujo actual de información no está definido operativamente, lo que permite que las actualizaciones de estado estén sujetas al juicio individual.
	Porque la información del progreso del pedido no se comparte de manera consistente	El flujo actual de información no está definido operativamente, lo	

entre departamentos a través de la actualización de la herramienta. que permite que las actualizaciones de estado estén sujetas al juicio individual.

Tabla 18*Análisis de 5 porqué para causa X22*

Causa	¿POR QUÉ?				Causa raíz
	1	2	3	4	
Subutilización de flota.	¿Por qué se subutiliza la flota?	¿Por qué se asignan mulas sin llenar su capacidad?	¿Por qué la asignación de flota prioriza la urgencia sobre la capacidad?	¿Por qué la capacidad no es un criterio de decisión explícito?	El proceso de planificación no evalúa formalmente la capacidad disponible de la flota antes de tomar decisiones de despacho.
	Porque las “Mulas” disponibles están asignadas a pedidos urgentes sin alcanzar su capacidad máxima.	Porque las decisiones de asignación de flota priorizan la urgencia sobre la utilización de la capacidad.	Porque la utilización de la capacidad no es un criterio de decisión explícito dentro del proceso de planificación de la flota existente.	Porque el proceso de planificación no evalúa formalmente la capacidad disponible de la flota antes de tomar decisiones de despacho.	

2.4. Mejorar

Junto al cliente clave se propusieron opciones de mejora a partir de las causas raíz identificadas en la fase anterior (*Tabla 19*), se evaluaron mediante la matriz impacto esfuerzo presentada en la *Figura 39*, con el objetivo de seleccionar aquellas acciones que aportaran un mayor impacto al desempeño del indicador OTIF.

Tabla 19*Soluciones potenciales*

N°	Soluciones Potenciales
S1	Sistema para priorizar cambios según el tipo de cliente y la capacidad de planificación diaria.
S2	Establecer reglas de corte diarias para evitar que entren nuevos pedidos.
S3	Establecer protocolos de comunicación entre Ventas, Planificación y Transporte para validar los pedidos urgentes antes de confirmarlos.
S4	Implementar una herramienta de planificación basada en un modelo de asignación de flota.
S5	Introducir un tablero digital en tiempo real que muestre los cambios en la planificación.
S6	Crear procedimientos estandarizados para reprogramar en caso de cambios.
S7	Establecer y delinear el proceso para el seguimiento de la entrega de pedidos.
S8	Programar breves reuniones de seguimiento operativo
S9	Establecer administradores de cartera
S10	Implementar una herramienta que facilite la visualización de la flota disponible para su selección.
S11	Implementar un semáforo de ocupación como regla de operación para autorizar el despacho de mulas en función de un nivel mínimo de utilización.

Figura 39

Matriz Impacto – Esfuerzo para Soluciones

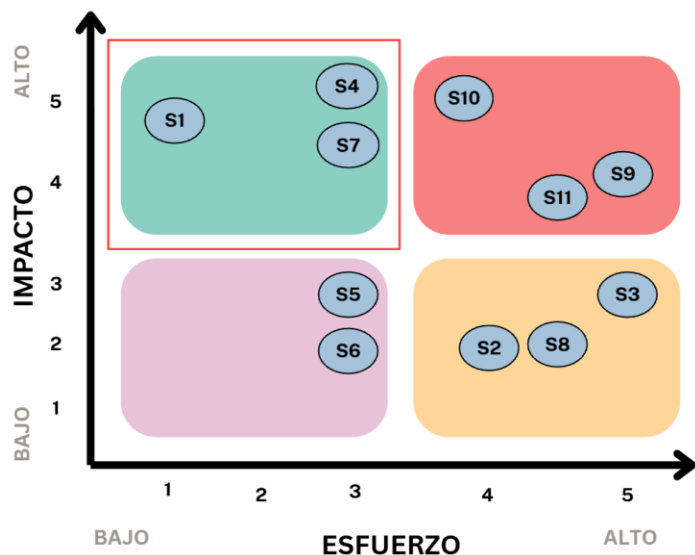


Tabla 20

Soluciones seleccionadas

Causa raíz	N°	Soluciones Potenciales
Como no existe ningún criterio que priorice a los clientes, todos reciben el mismo trato.	S1	Sistema para priorizar cambios según el tipo de cliente y la capacidad de planificación diaria.
Asignación de carga basada en un proceso manual que consume tiempo excesivo al reorganizar los cambios de asignación.	S4	Implementar una herramienta de planificación basada en un modelo de asignación de flota.
El proceso de planificación no evalúa formalmente la capacidad disponible de la flota antes de tomar decisiones de despacho.	S4	
El flujo actual de información no está definido operativamente, lo que permite que las actualizaciones de estado estén sujetas al juicio individual.	S7	Establecer y delinear el proceso para el seguimiento de la entrega de pedidos.

2.4.1. Plan de implementación

Con las soluciones priorizadas de la **Tabla 20**, se definió un plan de implementación que resume las acciones necesarias para la ejecución de cada solución, tal como se muestra en la **Figura 40**.

Figura 40

Plan de implementación

N°	Causa raíz	Soluciones/¿qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	Responsables	\$
1	Como no existe ningún criterio que priorice a los clientes, todos reciben el mismo trato.	Sistema para priorizar cambios según el tipo de cliente y la capacidad de planificación diaria.	Minimizar los cambios de fechas y las entradas repentinas de pedidos reduce los cambios logísticos en la planificación diaria del envío de pedidos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer criterios técnicos para priorizar los cambios. 2. Validar los criterios con el equipo de logística y atención al cliente. 3. Crear la plantilla de priorización de clientes ABC y el simulador de priorización de cambios. 4. Asignar la responsabilidad del uso y la actualización de la plantilla. 5. Validar el rendimiento de la herramienta con datos históricos. (Realizar ajustes a la herramienta). 6. Capacitar al personal en el uso y funcionamiento de la plantilla. 7. Establecer un proceso para el uso de la herramienta. 8. Implementación de herramienta 	Oficinas de servicio al cliente, Área de logística	del 12/01/25 al 23/01/26	Líderes de proyecto, Gerente de Logística, Gerente de Servicio al Cliente.	\$112
7	El flujo actual de información no está definido operativamente, lo que permite que las actualizaciones de estado estén sujetas al juicio individual.	Establecer y delinear el proceso para el seguimiento de la entrega de pedidos.	Es necesario reducir la falta de comunicación entre áreas, manteniendo visibilidad en tiempo real del estado de los pedidos para evitar reasignaciones tardías, reprocesamientos y decisiones reactivas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer el área responsable del registro del estado de los pedidos y definir el rol encargado de mantener los registros. 2. Validar con el equipo de logística y atención al cliente. 3. Recopilar información y diagramar el proceso. 4. Validar y formalizar los cambios en el proceso en una reunión. 5. Implementación del nuevo proceso. 	Oficinas de servicio al cliente	del 12/01/25 al 23/01/26	Líderes de proyecto, Gerente de Logística, Gerente de Servicio al Cliente.	\$184
4	Asignación de carga basada en un proceso manual que consume tiempo excesivo al reorganizar los cambios de asignación. El proceso de planificación no evalúa formalmente la capacidad disponible de la flota antes de tomar decisiones de despacho.	Implementar una herramienta de planificación basada en un modelo de asignación de flota.	Automatizar la forma en que se realiza la planificación diaria de los envíos facilita la reorganización de las cargas en menos tiempo ante cambios imprevistos, evitando la planificación reactiva y la subutilización del espacio de carga.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir la interfaz donde operará el modelo. 2. Definir los parámetros y las variables que se considerarán en el modelo. 3. Definir las reglas de ocupación mínima por tipo de flota. 4. Construir el modelo de optimización. 5. Codificar el modelo. 6. Validar la herramienta con el planificador. 7. Capacitar al planificador de transporte en su uso. 8. Ejecutar una prueba piloto y ajustar las reglas operativas. 	Área de logística	del 12/01/25 al 23/01/26	Líderes de proyecto, Gerente de Logística, Planificador de envíos.	\$241

2.4.2. Descripción de soluciones

2.4.2.1. Solución 1: Sistema de priorización de cambios basada en tipo de cliente y capacidad de planificación diaria.

Para minimizar la variabilidad que genera el ingreso de cambios a órdenes o pedidos repentinos con entregas el mismo día, se realizó una herramienta visual de priorización de cambios en pedidos, esta permite evaluar la factibilidad de un cambio tomando en consideración el tipo de cliente, la ventana de despacho y la capacidad diaria de flota diaria para poder hacer los envíos.

Esta solución se alimenta de la base de datos de ingresos de pedidos y está dirigida al uso de los asistentes de servicio al cliente, consiste en realizar una clasificación ABC de los clientes,

donde aquellos que representan el 80%, 15% y 5% del volumen total de ventas son de categoría A, B y C respectivamente. En la **Figura 41** se pueden observar los tipos de cambios permitidos para cada categoría de cliente.

Figura 41

Líneas de acción de cambios por categoría de cliente



Nota. El alcance de la solución está en evaluar los cambios por tipo de cliente, conveniencia por stock es un análisis posterior al uso de la solución.

Los criterios definidos fueron traducidos a través de formulaciones y macros en la herramienta Excel, en el caso de cambios a órdenes existentes, las entradas manuales son: el código del pedido que se desea modificar, la nueva fecha de entrega y la capacidad de la flota que es un dato que se actualiza cada que se realiza un cambio, **Figura 42-Figura 44**.

Figura 42

Herramienta de priorización de cambios de pedidos (entrada de datos)

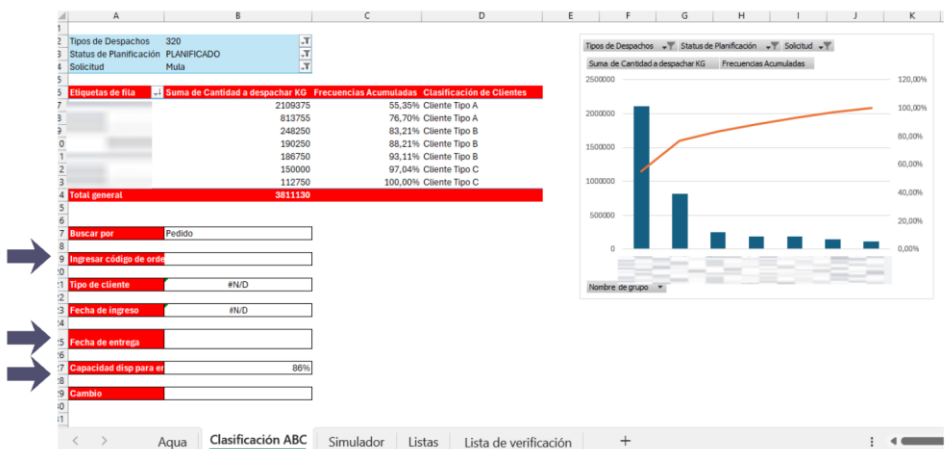


Figura 43

Herramienta de priorización de cambios en pedidos (salida de alerta)

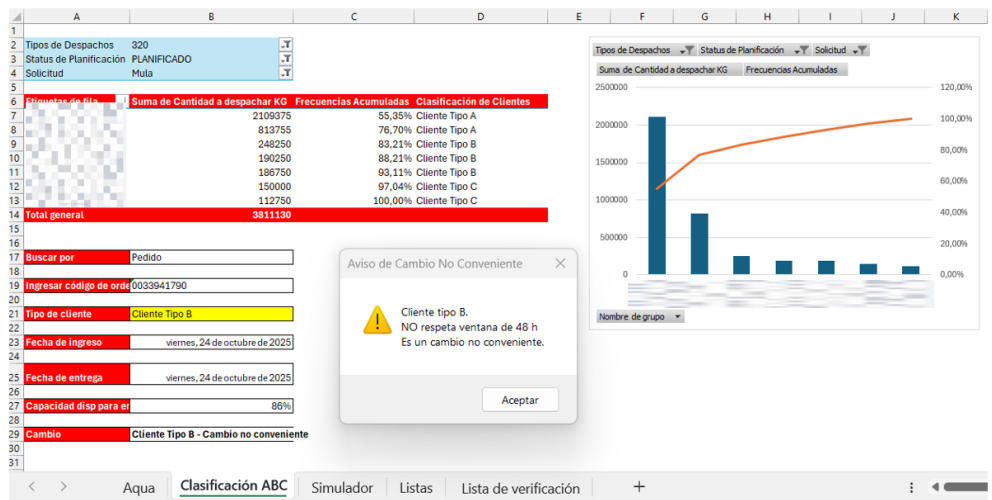


Figura 44

Alertas del sistema de priorización de cambios

The screenshot displays a software interface for order management. It features several input fields for order details such as 'Buscar por Pedido', 'Ingresar código de orden', 'Tipo de cliente', 'Fecha de ingreso', 'Fecha de entrega', 'Capacidad disp para el', and 'Cambio'. Overlaid on this interface are several alert windows:

- Error de Validación Automática:** A red alert box stating '¡ALERTA CRÍTICA: Capacidad insuficiente - Cambio no conveniente!' with an 'Aceptar' button.
- Aviso de Cambio No Conveniente:** A yellow alert box for 'Cliente tipo B' stating 'NO respeta ventana de 48 h. Es un cambio no conveniente.' with an 'Aceptar' button.
- Aviso de Cambio Conveniente:** A blue information box for 'Cliente tipo B' stating 'Respetar ventana de 48 h. Es un cambio conveniente. se pueden realizar los siguientes cambios: - Aumentar cantidad (productos en stock) - Cambios de SKU (productos en stock) - Ingreso de órdenes con Same-day delivery' with an 'Aceptar' button.
- Aviso de Cambio No Conveniente:** A yellow alert box for 'Cliente tipo C' stating 'Es un cambio no conveniente' with an 'Aceptar' button.

Como se observa en la **Figura 41**, el ingreso de nuevas órdenes con entrega inmediata, están reservadas solo para clientes tipo A, en este caso el asistente luego de verificar mediante Pareto la categoría del cliente, debe ingresar la nueva orden en el simulador de facturas (**Figura 45**) y verificar que exista capacidad de transporte en el día para poder aceptar la nueva orden.

Figura 45

Simulador de nuevas facturas

The screenshot shows a spreadsheet-based simulation tool titled 'Simulador de Ocupación de Camión - Transporte Primario'. It includes the following elements:

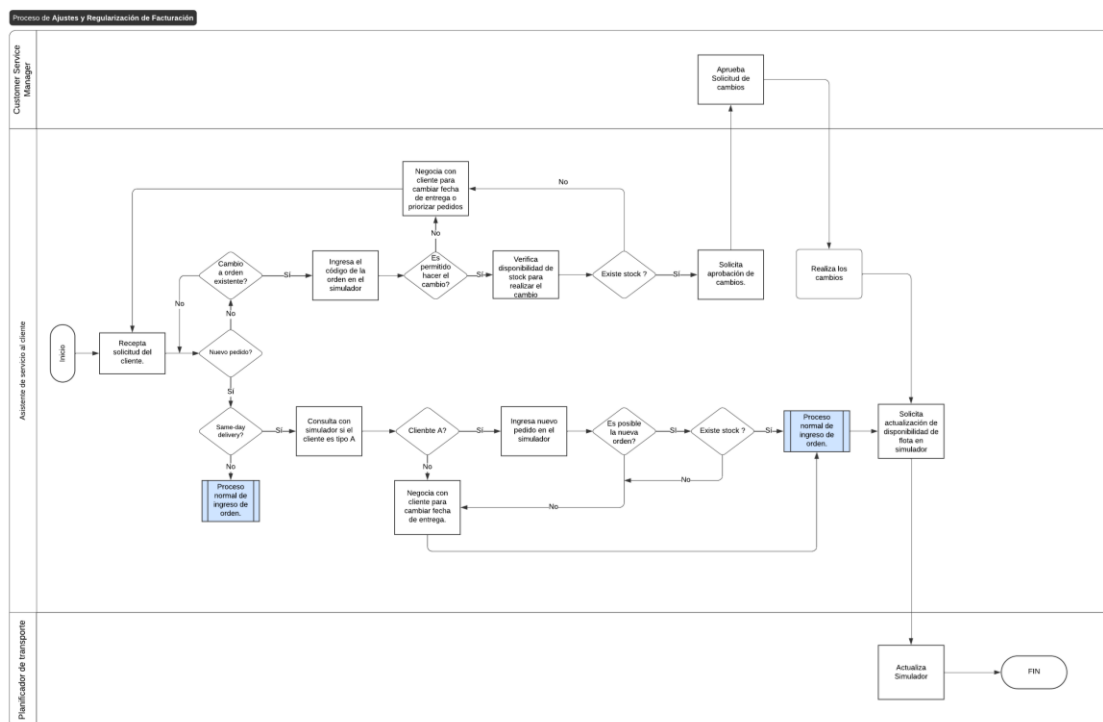
- Input Fields:** 'Ingresar el tipo de vehículo y la carga' (Vehicle: Mita, Type: Sacos de 20 kg), 'Conoce la capacidad máxima de carga en pallets' (Truck width: 14.4, Capacity: 14, Pallets: 0), and 'Ingresar la cantidad de pallets por formato que vas simular en la carga del camión'.
- Pallets Table:**

Marca	Formato	Pallets	Tipo	sacos	TON
2	Sacos 25	240	2,27		
2	Sacos 25	120	1,09		
4	Sacos 25	240	3,38		
24	Sacos 25	1440	20,30		
- Summary Table:**

	Sacos 20	Sacos 25	Total
Capacidad de Camión	14	0	14
Capacidad de Carga	14	0	14
Capacidad de Pallets	0	0	0
Total	14	0	14
- Alerts:** A red alert box states 'Excedió la capacidad' with the message 'Ha ingresado más producto de lo permitido. Por favor borrar e intentar de nuevo.' and buttons for 'Reintentar' and 'Cancelar'.
- Visuals:** A green bar shows 'Capacidad de flota disponible' at 228.6%. A Pareto chart on the right shows the distribution of pallets across different categories.

Figura 46

Proceso de Ajustes y Regularización de Facturación



Nota. Se realizó el flujograma añadiendo el uso del simulador en el proceso actual de recepción de órdenes

2.4.2.3. Solución 2: Herramienta de planificación basada en un modelo de asignación de flota.

Con el fin de evitar la planificación reactiva y la subutilización de la carga, se buscó automatizar la forma en que se realiza la planificación diaria de envíos (**Figura 47**) mediante esta herramienta, de forma que se reorganicen las cargas de manera sencilla y en menos tiempo ante cambios imprevistos.

Se basa en un modelo de asignación de flota que asigna los pedidos según la capacidad de cada tipo de camión, sujeto a que la utilización de cada uno sea mayor al 80%, además prioriza aquellas entregas que estén con estatus urgente, de esta manera al surgir cambios durante el día,

el planificador solo debe ingresar la fecha en el código, **Figura 48**, y volver a correr el modelo. A continuación, se presenta el modelo base de la herramienta.

Conjuntos

P: conjunto de pedidos; $p = \{1, 2, 3, \dots, p\}$

F: Conjunto de tipos de camiones; $f = \{M_{120}, M_{121}, M_{122}\}$

TP: Conjunto de tipos de palets; $tp = \{t1, t2\}$

D: Conjunto de destinos; $p = \{Machala, Guayaquil, Durán, \dots, d\}$

K: Conjunto de camiones potenciales para alquilar; $k = \{GBP5329, GBP5329, GBP7158 \dots, k\}$

Parámetros

PC_p : Peso de la carga del pedido p (ton)

$CP_{tp,p}$: Cantidad de pallet tipo TP para pedido p

$Dest_p$: Destino del pedido p

CF_f : Capacidad de carga (toneladas) del camión tipo f

$CAP_{f,tp}$: Capacidad máxima de pallets tipo tp permitida por un camión tipo f

$CT_{f,d}$: Costo de contratar un camión tipo f hasta destino d

URG_p : Nivel de urgencia asociado a la orden p (1 = urg, 0 = normal)

Variable de decisión

$$X_{p,k,f} \in \{0,1\}$$

= 1 si el pedido p va en el camión k de tipo f, 0 caso contrario

$$Z_{k,f} \in \{0,1\}$$

= 1 si el camión k tipo f se usa (se contrata)

$$W_{k,f,d} \in \{0,1\}$$

= 1 si el camión k tipo f va al destino d

Función Objetivo

$$\min Z = \sum_{k \in K} \sum_{f \in F} \left(CF_f * Z_{k,f} - \sum_{p \in P} PC_p * X_{p,k,f} \right)$$

Restricciones

(1) Cada pedido se asigna a mínimo un camión.

$$\sum_{k \in K} \sum_{f \in F} X_{p,k,f} \geq 1 \quad , \quad \forall p \in P$$

(2) Capacidad por peso del camión

$$\sum_{p \in P} PC_p * X_{p,k,f} \leq CF_f * Z_{k,f} \quad , \quad \forall k \in K, \forall f \in F$$

(3) Capacidad por tipo de pallets

$$\sum_{p \in P} PC_{p,tp} * X_{p,k,f} \leq CAP_{f,tp} * Z_{k,f} \quad , \quad \forall k \in K, \forall f \in F, \forall tp \in TP$$

(4) Utilización mínima de 80%

$$\sum_{p \in P} PC_p * X_{p,k,f} \geq 0.8 CF_f * Z_{k,f} \quad , \quad \forall k \in K, \forall f \in F$$

(5) Un camión contratado debe tener exactamente un destino

$$\sum_{d \in D} W_{k,f,d} = Z_{k,f} \quad , \quad \forall k \in K, \forall f \in F$$

(6) No mezclar destinos dentro del mismo camión

$$X_{p,k,f} \leq W_{k,f,destp} \quad , \quad \forall p \in P, \forall k \in K, \forall f \in F$$

(7) Tipo de variable

$$X_{p,k,f} ; Z_{k,f} ; W_{k,f,d} \in \{0,1\}$$

Figura 47

Extracto de base de datos que alimenta herramienta de planificación

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	codigo_pedido	fecha_entrega	destino	sacos_20kg	sacos_25kg	prioridad	estatus_pedido	camiones
1659	0034134737	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	220	0	Normal	Pendiente	GBP9918
1660	0034134737	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	258	0	Normal	Pendiente	GBP9900
1661	0034134754	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Urgente	GBA1023
1662	0034119356	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBB8841
1663	0034119369	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBC7710
1664	0034119369	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBD6204
1665	0034123152	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBE4399
1666	0034096023	lunes, 22 de diciembre de 2025	DURÁN	350	0	Normal	Urgente	GBF2057
1667	0034119060	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	330	Normal	Pendiente	GBG9183
1668	0034119060	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	440	Normal	Pendiente	GBH3362
1669	0034119095	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	220	Normal	Pendiente	GBJ5076
1670	0034065393	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	220	Normal	Pendiente	GBL1908
1671	0034104825	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	258	Normal	Pendiente	GBM6420
1672	0034128964	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	1100	Normal	Pendiente	GBR2815
1673	0034128964	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	1100	Normal	Pendiente	GBS9034
1674	0034128964	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	1100	Normal	Urgente	GBT4671
1675	0034128964	martes, 23 de diciembre de 2025	DURÁN	0	1100	Normal	Pendiente	GBU5580
1676	0034117996	miércoles, 24 de diciembre de 2025	DURÁN	0	1100	Normal	Pendiente	GBV7742
1677	0034119095	viernes, 26 de diciembre de 2025	DURÁN	0	350	Normal	Pendiente	GBW1196
1678	0034119399	lunes, 29 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Urgente	GBX6308
1679	0034135550	jueves, 18 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBY4827
1680	0034137268	sábado, 20 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	GBZ2954
1681	0034137269	viernes, 26 de diciembre de 2025	DURÁN	1100	0	Normal	Pendiente	PAA6102

Figura 48

Ventana para ingreso de fecha a planificar

Selección de fecha a planificar

```

11 fecha_input = input("Ingrese la FECHA A PLANIFICAR (DD/MM/AAAA), ej: 28/11/2025: ").strip()
12 if not re.match(r"^\d{2}/\d{2}/\d{4}$", fecha_input):
13     raise ValueError("Formato inválido. Use DD/MM/AAAA, por ejemplo 28/11/2025")
14 FECHA_PLANIFICACION = datetime.strptime(fecha_input, "%d/%m/%Y").date()
15 print(f"Se planificará para la fecha: {FECHA_PLANIFICACION}")

```

Ingrese la FECHA A PLANIFICAR (DD/MM/AAAA), ej: 28/11/2025:

Nota. El único ingreso manual es la fecha a planificar, ya que la base de datos es un documento compartido en Google drive.

Como resultado se obtiene dentro de la interfaz y como documento adjunto la tabla de planificación, **Figura 49**, la tabla muestra la cantidad y capacidad de flota necesaria junto al nivel de utilización que cumple cada camión.

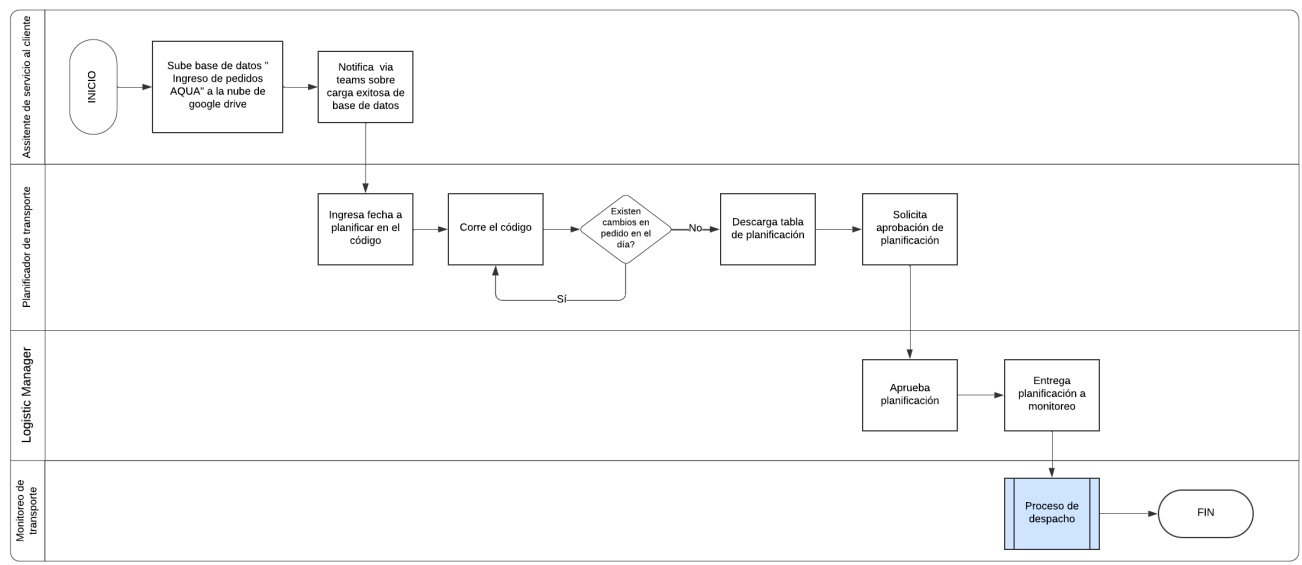
Figura 49

Resultados de planificación

ID pedido	Camión (cant)	Camión (tipo)	Matrícula	Utilización	Status
0	34014352	2	M20 ton	GBK0242, PAL8073	91% normal
1	34042495	4	M20 ton	PAC1830, TBD6738, TBJ7604, TBP3065	90% normal
2	34059999	1	M20 ton	PAL8073	91% normal
3	34060000	1	M20 ton	TBR4330	91% normal
4	34060002	2	M20 ton	PAZ3710, MBA1029	88% normal
5	34060210	1	M20 ton	PBR3142	88% normal
6	34065285	2	M20 ton	QAB0088, TBY7391	92% normal
7	34065320	8	M20 ton	GBC4562, GBP9900, PAB7429, PAL8073, PAV8457, T...	91% normal
8	34069317	1	M20 ton	TAA3560	26% normal
9	34070875	1	M21 ton	GBO4560	81% normal
10	34071040	7	M20 ton	GBO4595, GBE4399, PAQ4269, PAZ3710, TBL6893, T...	92% normal
11	34074205	2	M20 ton, M21 ton	TBE1180, TBH3349	90% normal
12	34075344	1	M20 ton	GBP9918	87% normal
13	34075354	1	M21 ton	GBO4560	81% normal
14	34076060	3	M20 ton	GBN9484, GBF2057,GBT4671	90% normal
15	34076061	1	M21 ton	PAO9840	87% normal
16	34076062	1	M20 ton	GBB8841	82% normal

Figura 50

Proceso de uso de la herramienta de planificación

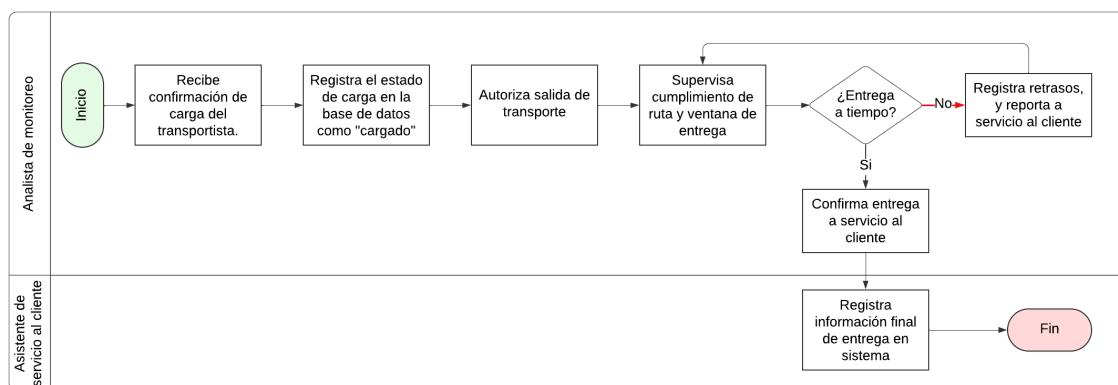


2.4.2.4. Solución 3: Protocolo de seguimiento con responsables y tiempos de actualización definidos.

Con el objetivo de disminuir la descoordinación entre áreas y asegurar una adecuada visibilidad del estatus de los pedidos, se definió un protocolo de seguimiento (**Figura 51**) que establece responsables y tiempos de actualización del estatus de los pedidos.

Figura 51

Protocolo de seguimiento con responsables y tiempos de actualización definidos.



Con una mejor visibilidad del estado del pedido, se buscó disminuir los reprocesamientos o consultas innecesarias, los retrasos por falta de información y sobre todo mejorar la calidad y precisión de los datos de entrega para el cálculo del indicador.

2.4.3. Plan de control

Para garantizar que las mejoras propuestas sean sostenibles a largo plazo y el problema no regrese a su estado inicial se elaboró el siguiente plan de control (**Figura 52**) para cada una de las soluciones.

Figura 52

Plan de control

Process: Uso del sistema de priorización de cambios basado en tipo de cliente y capacidad de planificación diaria.					(solución 1)	
Propietario del proceso: Gerente de Servicio al Cliente					Fecha: January 2026	
¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Verificación de la correspondencia entre los criterios de priorización por tipo de cliente y los cambios realizados en los pedidos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema identifica los pedidos que presentan cambios registrados. 2. Se validan automáticamente los cambios realizados según los criterios definidos para cada tipo de cliente y la capacidad diaria de planificación. 3. Los resultados de la validación se visualizan en un dashboard de control, donde se muestran cambios conformes y alertas por desviaciones. 4. En caso de inconsistencias, el sistema genera alertas para su revisión y corrección 	Sistema de priorización y dashboard de control, bajo supervisión del área de Servicio al Cliente.	Asegurar que los cambios en los pedidos se realicen conforme a los criterios establecidos para cada tipo de cliente, reduciendo errores y reprocesos.	Sistema digital de planificación de pedidos.	En tiempo real, ante cada solicitud de cambio.	Tiempo de ejecución automático del sistema.
Proceso: Cumplimiento del protocolo estandarizado de seguimiento de pedidos.					(solución 7)	
Propietario del proceso: Gerente de Logística					Fecha: January 2026	
¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Verificación de la consistencia del estatus del pedido entre las áreas de servicio al cliente, planificación y despacho.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema consolida la información del estatus del pedido desde las áreas involucradas. 2. Se valida la coherencia de los estados registrados a lo largo del proceso mediante un semáforo de control, donde, Verde: información consistente, Amarillo: actualización tardía, Rojo: inconsistencia en datos. A partir del cumplimiento dentro del tiempo definido por operación de entrega. 3. Las inconsistencias detectadas se visualizan en un dashboard de seguimiento del proceso. 4. El sistema genera alertas de control para la corrección oportuna de desviaciones. 	Sistema de seguimiento del proceso logístico y dashboard de control.	Para evitar descoordinaciones entre áreas que generen retrasos, reprocesos o incumplimientos en el indicador OTIF.	Plataforma digital de seguimiento de pedidos y dashboard logístico.	De forma continua durante el ciclo del pedido.	Tiempo de ejecución automático del sistema.

PLAN DE REACCIÓN			
EMPRESA			
DEPARTAMENTO DE SERVICIO AL CLIENTE			
MEJORA	Herramienta de planificación de envíos.	VERSIÓN	1
		FECHA	02/09/2026
RESPONSABLE	Planificador de transporte		
OBJETIVO	Restablecer oportunamente el desempeño del indicador de utilización de flota cuando se presenten desviaciones, asegurando la continuidad del proceso logístico y evitando impactos negativos en el indicador OTIF.		
ALCANCE	Aplica desde la detección de desviaciones del indicador de utilización de flota en el dashboard de control hasta la implementación de acciones correctivas y su verificación, dentro del proceso de planificación y ejecución de envíos.		
EQUIPOS Y REQUERIMIENTOS			
<p>1. Equipos y sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de planificación de envíos -Dashboard de indicadores logísticos -Base de datos de pedidos y flota disponible <p>2. Parámetros a analizar y controlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Número de pedidos asignados por vehículo -Capacidad utilizada vs. capacidad disponible -Cambios de último momento en pedidos -Disponibilidad real de flota 			
ACTIVIDADES			
DESVIACIÓN DETECTADA EN EL INDICADOR (UTILIZACIÓN < 80%)			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar la desviación del indicador en el dashboard y documentar la semana afectada. 2. Analizar la causa principal de la caída del indicador (cancelaciones, cambios urgentes, mala consolidación, sobredimensionamiento de flota). 3. Verificar si la desviación está asociada a: <ul style="list-style-type: none"> -Cambios no planificados de pedidos -Errores en la planificación -Falta de consolidación de cargas -Fallas técnicas de la herramienta 4. Ajustar la planificación de envíos priorizando la consolidación de pedidos compatibles. 5. Coordinar con el proveedor de flota la reasignación o reducción temporal de unidades. 6. Informar los resultados del análisis al Gerente de Logística. 			
DESVIACIÓN RECURRENTE (2 SEMANAS CONSECUTIVAS < 80%)			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Convocar reunión de revisión con logística, planificación y servicio al cliente. 2. Revisar criterios de asignación de flota definidos en el modelo. 3. Actualizar parámetros de planificación si es necesario. 4. Capacitar nuevamente al planificador de transporte en el uso del sistema. 5. Implementar acciones preventivas para evitar recurrencia. 			
VERIFICACIÓN POST-CORRECCIÓN			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorear el indicador durante las dos semanas siguientes. 2. Confirmar que la utilización de flota se mantiene $\geq 80\%$. 3. Validar que no existan impactos negativos en el indicador OTIF. 4. Cerrar el incidente en el registro de control solo si el indicador se estabiliza. 			

Capítulo 3

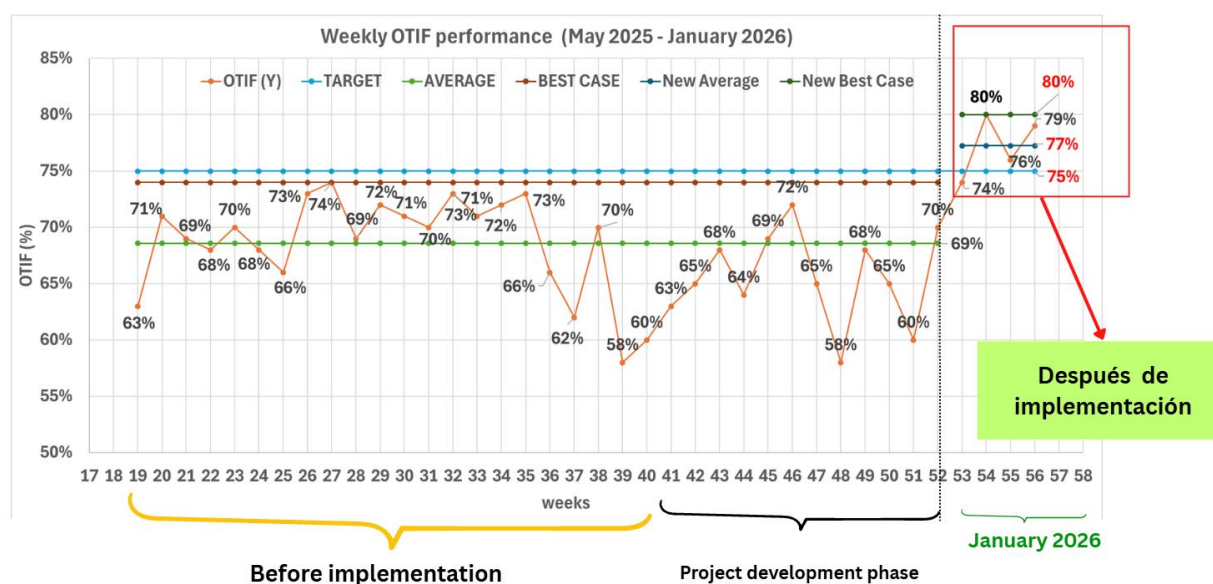
3. Resultados y análisis

3.1. Resultados de implementación de mejoras

Tras la implementación de las mejoras detalladas en el capítulo 2, se realizó un análisis comparativo del desempeño semanal del indicador OTIF antes y después de la implementación. Los resultados mostraron un aumento significativo, pasando de un promedio de 69% a 77% como se muestra en la **Figura 53**, esto representa una mejora del 8%, lo que evidencia una reducción completa del GAP que se observa en la **Figura 5**, superando la meta corporativa del 75% y alcanzando el objetivo planteado.

Figura 53

Serie de tiempo del desempeño semanal del OTIF post implementación



Con el fin de validar la efectividad de las mejoras se realizó una prueba de hipótesis, Chi cuadrado, con la que se compara el rendimiento OTIF antes y después de la implementación, se trabajó bajo las hipótesis:

- H0: No existen diferencias en el cumplimiento OTIF entre el periodo antes y después de la implementación de las mejoras.
- H1: Existen diferencias en el cumplimiento OTIF entre el periodo antes y después de la implementación de las mejoras.

Como se observa en la **Figura 54**, con un valor p menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula lo que confirma que el cambio observado en el desempeño semanal del OTIF posterior a las mejoras fue estadísticamente significativo. Se logró una reducción de porcentajes de no conformes de 31% a 23.01% según la **Figura 55**.

Figura 54

Resultados de la prueba chi cuadrado

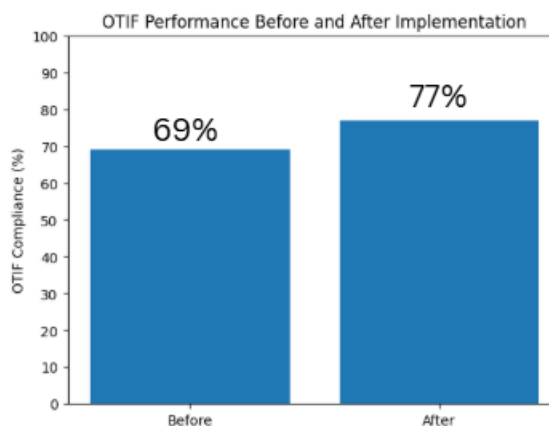
Prueba de chi-cuadrada			
	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	89,103	1	0,000
Relación de verosimilitud	91,362	1	0,000

Figura 55

Reducción de no conformidades

	No Cumplió		Todo
	OTIF	OTIF	
Antes	6348 69,00 6575	2852 31,00 2625	9200 100,00
Después	3172 76,99 2945	948 23,01 1175	4120 100,00
Todo	9520 71,47	3800 28,53	13320 100,00

Contenido de la celda
 Conteo
 % de la fila
 Conteo esperado



En cuanto a las mejoras, se verificó que el sistema de priorización cumple con los criterios y lineamientos establecidos de cambios para cada tipo de cliente, esto no solo contribuyó al desempeño del indicador si no también facilitaron la toma de decisiones minimizando la variabilidad dentro del plan diario de despacho que ocasionaba la recepción de cambios sin control.

Se verificó que la herramienta de planificación de envíos cumpla con el criterio de minimizar la subutilización del transporte, siendo así que esta aumentó de 65% a 91%, el modelo no solo permitió asignar la carga de forma más eficiente si no también redujo el tiempo en que se demoraba el proceso de planificación a menos de 8 minutos.

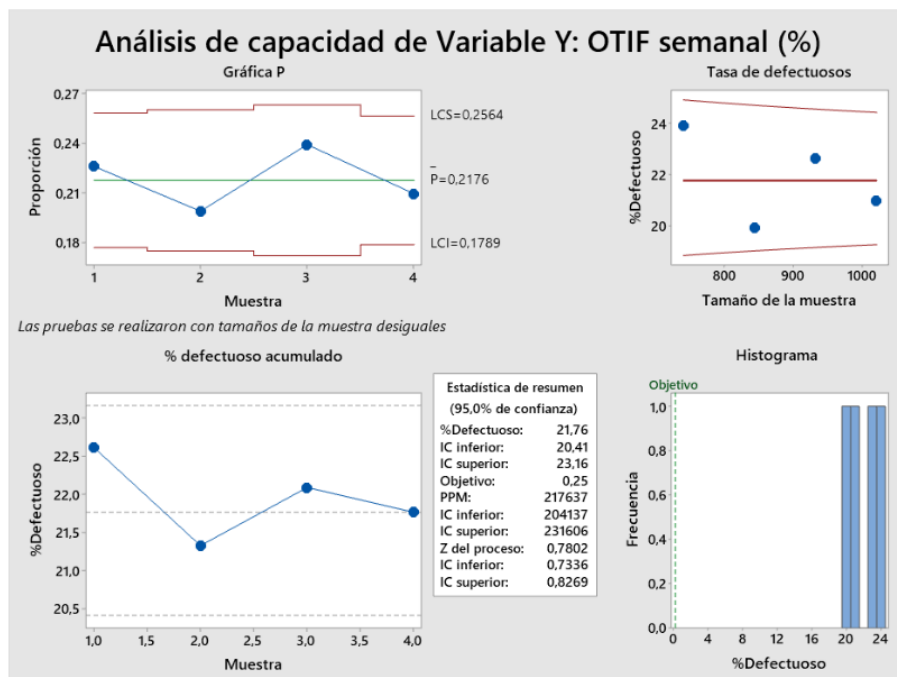
3.2. Análisis de capacidad posterior a la implementación de mejoras

Se realizó un análisis de capacidad del proceso antes y después de la implementación con el fin de evaluar que tan controlado se encuentra el proceso con las soluciones implementadas. Previo a la implementación, el proceso presentaba un porcentaje de inconformidades de 31% con un Z de 0.49, reflejando un comportamiento inestable con múltiples puntos fuera de los límites de control.

En la **Figura 56**, se observa el análisis de capacidad posterior a la implementación, el porcentaje de pedidos no conformes se redujo a 23%, mostrando una mejora significativa en el desempeño del proceso, con todas las semanas analizadas dentro de los límites de control, el valor del índice de capacidad Z obtenido fue de 0.78, reforzando la capacidad del proceso, sin embargo, este valor aún refleja una capacidad limitada.

Figura 56

Análisis de capacidad de OTIF posterior a mejoras



3.3. Resultados de las métricas de sostenibilidad

La implementación de las mejoras no solo contribuyó al desempeño del OTIF, también generó beneficios positivos en indicadores desde una perspectiva social, económica y ambiental, lo que evidencia mejoras integrales dentro del proceso logístico.

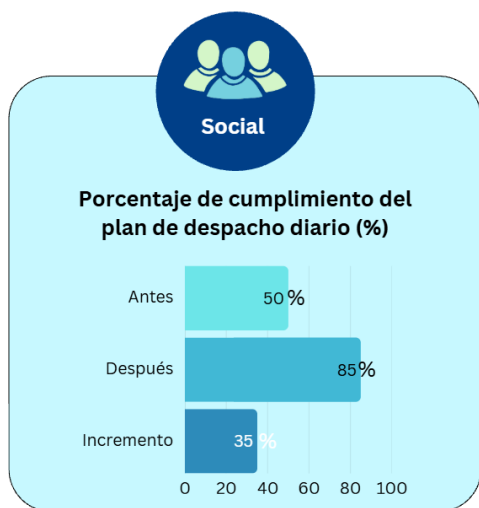
3.3.1. Pilar social

Dentro del ámbito social, el cumplimiento del plan diario de despachos presentó un incremento del 35%, pasando de un 50% a un 85% posterior a la implementación de mejoras, como se muestra en la **Figura 57**. Esto se debe a que, gracias a una planificación de envíos más eficiente, se pudo cumplir con las tareas asignadas a cada operador, respetando turnos y cargas de cada uno, lo que refleja una operación más ordenada y predecible, reduciendo quejas por insatisfacción de operadores y presión operativa.

Además, gracias al sistema de priorización de cambios y la estandarización del proceso de seguimiento de pedido, se logró mejorar la coordinación entre las áreas de planificación logística y servicio al cliente, reduciendo reclamos por falta de información.

Figura 57

Resultados del pilar social



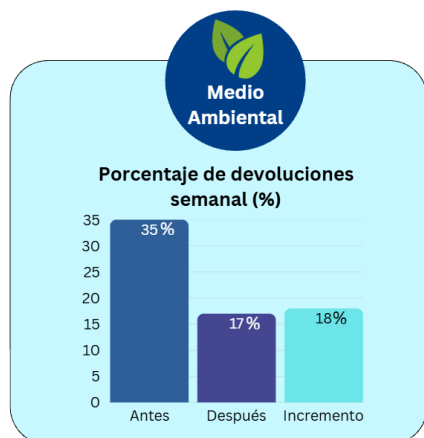
3.3.2. *Pilar económico*

La implementación del modelo de asignación de flota permitió incrementar el indicador de utilización de flota de un 65% a un 91%, resultado que se evidencia en la **Figura 58**. Esto debido a que el modelo asegura que la carga se realice de tal manera que toda la capacidad permitida del camión se aproveche. Como resultado el costo semanal por ineficiencia en el uso de transporte se redujo de \$6.210,00 a \$4.756,50, esto se atribuye a una mejor consolidación de pedidos y el no utilizar el transporte de forma reactiva al retraso por cambios de órdenes de entrega inmediata.

Figura 58*Resultados del pilar económico*

3.3.3. *Pilar ambiental*

En el ámbito ambiental, gracias a una eficiente planificación y consolidación de carga se pudo reducir el porcentaje de devoluciones semanales, esto genera beneficios tanto al ON TIME como al IN FULL, la reducción fue del 35% al 17%, tal como se muestra en la **Figura 59** y se traduce en viajes innecesarios lo que optimiza el uso de la flota y mitiga el impacto ambiental asociado a operaciones logísticas.

Figura 59*Resultados del pilar ambiental*

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

El objetivo de este proyecto fue incrementar el desempeño semanal del indicador OTIF dentro del proceso logístico de distribución de producto terminado, cumpliendo y sobrepasando la meta corporativa de 75% en un plazo de 4 meses incrementando la eficiencia operativa y generando beneficios en indicadores de métricas de sostenibilidad como la utilización del transporte. A continuación, se especifica como se cumplió con los objetivos específicos.

El análisis del desempeño del indicador permitió identificar que el componente crítico del OTIF fue la variable On Time, la cual presentó mayores niveles de incumplimiento en comparación con el componente In Full. A partir de la estratificación de la variable dependiente, se analizaron variables independientes relacionadas con el turno de trabajo, tipo de cliente, modo de transporte y tipo de flora, determinándose que el mayor impacto en el bajo desempeño del indicador se concentraba en el turno de la mañana, clientes del segmento Aqua, transporte terrestre y uso de flota tipo mula.

A través de diagramas de flujo se logró mapear el flujo operativo del proceso que involucra al OTIF, siendo este desde la gestión de órdenes hasta la entrega del producto terminado, se encontró que entre las principales actividades que no agregan valor al proceso se encontraba la negociación con el cliente para la gestión de cambios en pedidos además de reprocesos por consulta de información de datos logísticos.

Mediante herramientas de causa efecto y análisis estadístico, se logró identificar las principales causas que afectaban al desempeño semanal del indicador, siendo estas, la falta de criterios claros para la priorización de cambios, la desactualización del flujo de información del

estatus del pedido en tiempo real y la forma manual de planificación que no consideraba criterios de optimización del uso de transporte.

Se diseñaron, pilotearon e implementaron mejoras orientadas a estandarizar la planificación y el seguimiento de los despachos, entre las que destacan un sistema de priorización de cambios según tipo de cliente, una herramienta de planificación basada en la asignación óptima de flota y un protocolo de seguimiento con responsables y tiempos de actualización definidos. Estas mejoras permitieron reducir la variabilidad operativa, optimizar la utilización del transporte y fortalecer la coordinación entre áreas, contribuyendo de manera directa a la mejora sostenida del indicador OTIF.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda analizar la frecuencia de cambios por segmento de cliente para identificar patrones críticos. Esto permitirá identificar el patrón de comportamiento de cada cliente por su categoría e integrar estas especificaciones en los criterios de evaluación y optimizar los resultados del simulador.
- Para optimizar la gestión de la flota dentro del modelo, se recomienda establecer acuerdos con proveedores que permitan la actualización de las unidades en tiempo real. Esto minimizará el margen de error en la asignación de transporte dentro del modelo.
- Se sugiere evaluar la escalabilidad de la solución del modelo de asignación de flota al transporte pesado como tráileres ya que dentro de la estratificación son el segundo equipo mayormente contratados.

Referencias

- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (5.^a ed.). Pearson Educación.
- Besterfield, D. H., Besterfield-Michna, C., Besterfield, G. H., & Besterfield-Sacre, M. (2014). *Total Quality Management* (4th ed.). Pearson.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Supply Chain Logistics Management* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Burgasí Delgado, M., & Cobo Panchi, J. (2021). Metodologías lean y six sigma aplicadas a la mejora de procesos industriales. *Revista de Ingeniería y Gestión*, 12(3), 45–59.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2024). Informe anual del sector acuícola ecuatoriano. <https://www.cna-ecuador.com>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2023). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (8th ed.). Pearson.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson.
- Coletti, F., de Felice, F., & Petrillo, A. (2010). A study on the use of the Ishikawa diagram for root cause analysis in industrial processes. *International Journal of Quality Research*, 4(2), 95–102.
- Escobar, C., & González, H. (2021). Aplicación del diagrama SIPOC en el análisis de procesos industriales. *Revista Científica de Ingeniería*, 18(2), 73–82.

- FAO. (2023). *The State of World Aquaculture 2023*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- García González, E., Paredes Castañeda, M., & Bayona Ibáñez, J. (2022). Control estadístico y validación de mejoras en procesos industriales. *Revista de Ingeniería Aplicada*, 14(1), 33–41.
- Jones, T., & Williams, J. (2022). Improving delivery performance using OTIF metrics in supply chain operations. *Journal of Logistics and Transport*, 18(3), 210–225.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.). Wiley.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (7th ed.). Kogan Page.
- Stevenson, W. J. (2023). *Operations Management* (15th ed.). McGraw-Hill.
- Zapata, J., & Isaza, C. (2004). Interpretación del diagrama causa–efecto de Ishikawa. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 6(1), 45–52.