

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Mejoramiento del flujo de salida de producto terminado en una empresa manufacturera de
bebidas

INGE-2912

Proyecto Integrador

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniera Industrial

Presentado por:

Angelli Matilde Ochoa Aus

María Daniela Idrovo Barzallo

Guayaquil – Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios, guía en cada paso de mi camino. A mis padres, pilares esenciales en mi desarrollo profesional, quienes han depositado en mí, fe inquebrantable. Ellos representan mi mayor fuente de inspiración, perseverancia y orgullo. Con profundo cariño, dedico esta tesis a mis abuelitos, personas que han marcado huella, su legado me motiva a honrar su memoria con cada logro alcanzado.

Y a mis hermanos menores, por ser fuente de alegría y ven en mí el ejemplo a seguir.

-Angelli Ochoa.

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. A mi mamá, por su amor incondicional y por ser la luz que nunca dejó de brillar, incluso en los momentos difíciles. A mi papá y mis abuelas, por su apoyo constante que me sostuvo en cada paso de este camino.

A mi hermana, por ser mi compañera incluso a la distancia mientras me encontraba estudiando la universidad.

-Daniela Idrovo

Agradecimientos

Agradezco a Dios el cual ha sido guía en cada paso de este camino académico. A mi familia, cuyo amor y apoyo constante han sido esenciales.

Un agradecimiento especial a mi roomie Gina y mi mejor amigo Tommy, quienes han estado presente en cada etapa, su compañía ha sido un refugio invaluable en este proceso.

También extiendo mi gratitud a mis compañeros de trabajo, por su apoyo constante y por brindarnos la información clave para avanzar con firmeza en este proyecto. A mi compañera de tesis, por su disposición, compromiso y entrega en cada fase del desarrollo; y a nuestra tutora, por estar siempre presente cuando más la necesitábamos.

-Angelli Ochoa

Agradecimientos

Agradezco a Dios por guiarme en un camino
lleno de propósito. A mis padres,
especialmente a mi mamá, por su amor
incondicional, paciencia y apoyo constante,
que fueron mi impulso para seguir adelante.
Esta meta también es suya. A mis abuelitas,
por ser clave en cada etapa de mi vida
académica. A mi hermana, por ser confidente
y compañía. A mi persona especial por haber
sido parte de mi vida universitaria. A mis
queridas mascotas, por su compañía en el día
a día de este proceso. A mi jefe, por su
comprensión y enseñanzas compartidas. A mi
compañera de tesis, por su compromiso y
esfuerzo, y a nuestra tutora, por su valiosa
guía a lo largo del proyecto.

-Daniela Idrovo.

Declaración Expresa

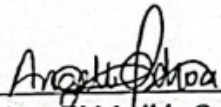
Nosotros Angelli Matilde Ochoa Aus y María Daniela Idrovo Barzallo reconocemos que:

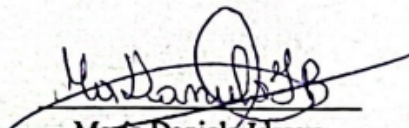
La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, 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 mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es 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, 21 de Mayo del 2025.


Angelli Matilde Ochoa
Aus


María Daniela Idrovo
Barzallo

Evaluadores

María Denisse Rodríguez Zurita, Ph.D.

Profesora de la Materia

María Isabel Alcívar García, M.Sc.

Tutora de Proyecto

Resumen

El proyecto analiza la acumulación de pallets en el flujo de salida de las líneas 1 y 2 de producción hacia la bodega de producto terminado en una empresa de bebidas. El objetivo se basa en disminuir el cuello de botella generados en el proceso logístico a través de la aplicación de la metodología DMAIC, con la hipótesis de que la mejora en la gestión de rutas y almacenamiento disminuye los tiempos de espera y aumenta la eficiencia operativa. La justificación del estudio se fundamenta en la necesidad de optimizar el espacio, reducir costos asociados a inactividad y mejorar la productividad de la cadena de suministro.

En el desarrollo del proyecto se aplicó herramientas de Lean Six Sigma como SIPOC, VOC, árbol CTQ, diagramas de Ishikawa y Pareto, pruebas de normalidad, capacidad y estabilidad. Se usaron datos históricos de producción y mediciones de tiempos de traslado, desde la salida de líneas de producción hasta la bodega.

Los resultados mostraron que la optimización de rutas y la implementación de apilamiento previo a despacho permitieron incrementar la productividad de 14 a 17 pallets despachados por hora -hombre, esto trajo consigo una mejora una reducción del 15% en el costo de inactividad de línea.

Se concluye que la aplicación de metodologías DMAIC mejora la eficiencia logística, aporta la sostenibilidad al proceso y genera beneficios económicos y operativos.

Palabras clave: DMAIC, logística interna, pallets, mejora continua

Abstract

The project analyses the accumulation of pallets in the outgoing flow of production lines 1 and 2 towards the finished goods warehouse in a beverage company. The objective is to reduce the bottleneck generated in the logistical process through the application of the DMAIC methodology, with the hypothesis that improving route management and storage decreases waiting times and increases operational efficiency. The justification for the study is based on the need to optimize space, reduce costs associated with inactivity, and improve supply chain productivity.

In the development of the project, Lean Six Sigma tools such as SIPOC, VOC, CTQ tree, Ishikawa diagrams, and Pareto charts were applied, along with tests for normality, capability, and stability. Historical production data and transit time measurements were used, from the output of the production lines to the warehouse.

The results showed that route optimization and the implementation of stacking prior to dispatch allowed for an increase in productivity from 14 to 17 pallets dispatched per man-hour, which resulted in a 15% reduction in line downtime costs.

It is concluded that the application of DMAIC methodologies improves logistical efficiency, contributes to sustainability in the process, and generates economic and operational benefits.

Keywords: DMAIC, internal logistics, pallets, continuous improvement.

Índice General

Contenido

Resumen.....	I
Abstract	II
Abreviaturas.....	IX
Simbología	X
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Alcance del Proyecto	11
1.4 Restricciones	12
1.5 Justificación del problema	14
1.6 Objetivos	15
1.7 Marco teórico	16
Capítulo 2.....	20
2.1.2 Medición	22
2.1.3 Análisis.....	33
2.1.4 Mejora	39
Capítulo 3.....	57
3. Resultados y análisis.	58

3.1. Resultados del aumento de densidad.	58
3.2. Resultados del apilado de pallets en la bodega.	60
3.3 Resultados del modelo matemático de asignación.	64
.....	66
3.4 Prueba de normalidad	67
3.5 Prueba de capacidad.....	68
3.7 Análisis del Impacto Social, Económico y Ambiental.....	70
Capítulo 4.....	75
4.1 Conclusiones y recomendaciones.	76
Referencias.....	79

Índice Figuras

Figura 1. VOC del cliente clave del proy.....	4
Figura 2. Diagrama de afinidad	5
Figura 3. Árbol de CTQ.....	6
Figura 4. Triple Línea de métricas	7
Figura 5. Serie de tiempo de tasa de distribución	10
Figura 6. Herramientas 3W+2H	10
Figura 7. SIPOC.....	12
Figura 8. Diagrama OTIDA.....	13
Figura 9. Plan de recolección de datos	22
Figura 10. Hoja de registro de toma de tiempos	Error! Bookmark not defined.
Figura 11. Hoja de registro de paradas por falta de flujo.....	24
Figura 12. Hoja de registro de paradas por acumulación de pallet al final de la línea	25
Figura 13. Estratificación por líneas	26
Figura 14. Estratificación por turno en líneas 1 y 2.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 15. Prueba de normalidad de Anderson – Darling líneas juntas.....	28
Figura 16. Prueba de normalidad de Línea 1 Anderson - Darling	29
Figura 17. Prueba de normalidad de Línea 2 Anderson- Darling	30
Figura 18. Análisis de estabilidad	31

Figura 19. Análisis de capacidad	32
Figura 20. Técnica de 5W+1H.....	32
Figura 21. Técnica de lluvia de ideas	34
Figura 22. Técnica de diagrama de Ishikawa	35
Figura 23. Matriz de priorización para las posibles causas	35
Figura 24. Desequilibrio entre la tasa de producción analizada y la capacidad de almacenamiento del almacén	36
Figura 25. Desequilibrio entre la tasa de producción analizada y la capacidad de almacenamiento del almacén	37
Figura 26. Técnica de 5 por qué's.....	38
Figura 27. Matriz causa- efecto	44
Figura 28. Matriz de priorización causas 1-5	Error! Bookmark not defined.
Figura 29. Matriz de priorización causas 6-9	48
Figura 30. Análisis de medidas de cajas, pallet y cantidad de cajas por armado.....	50
Figura 31. Propuesta de aumentar de 175 cajas por pallet a 200 cajas por pallet.....	50
Figura 32. Nivel 8 aumentado.....	51
Figura 33. Propuesta de ubicar 1 nivel adicional para mejorar el almacenamiento	52
Figura 34. Matriz comparativa.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 35. Comparación de la tasa de distribución de aumento de densidad	58
Figura 36. Cuadro comparativo de las posiciones ganadas y ahorros por viaje.	58
Figura 37. Pallet con la mejora enviado a las diferentes CEDIS	59

Figura 38. Comparación de la tasa de distribución de apilamiento de pallets.....	61
Figura 39. Muestras de pallet superior.....	61
Figura 40. Muestras de pallet inferior.....	62
Figura 41. Comparación de la tasa de distribución del modelo de asignación.....	65
Figura 42. Retorno en GAMS y simulación de la situación actual.....	65
Figura 43. Retorno en GAMS y simulación de la mejora	66
Figura 44. Prueba de normalidad de Anderson – Darling luego de la mejora.....	67
Figura 45. Prueba de capacidad de la mejora	68
Figura 46. Prueba de estabilidad de la mejora	69

Índice Tabla

Tabla 1. Ponderación- Matriz priorización.....	36
Tabla 2. Descripción de soluciones.....	40
Tabla 3. Descripción de soluciones.....	45
Tabla 4. Carbonatación por pallet inferior y superior	63
Tabla 5. Costo de láminas de cartón para implementación de mejora	64

Abreviaturas

CTQ Critical to Quality (Factores Críticos para la Calidad)

DMAIC Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control)

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

OTIDA Operación, Transporte, Inspección, Demora, Almacenaje.

QFD Quality Function Deployment (Despliegue de la función de la Calidad)

SIPOC Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes)

SKU Stock Keeping Unit (Lista de Productos)

VOC Voice of Customers (Voz del Cliente)

Simbología

\$ Dólares americanos

% Porcentaje

Capítulo 1

1.1 Introducción

La industria de bebidas no alcohólicas son clave en la parte económica del país, esto es dado por su presencia en los mercados y su producción. La contribución de esta categoría es de 0,0546 % de cambio mensual del IPC, al total nacional de consumo (Instituto Nacional de Estadística y Censos, mayo 2023).

Es importante que las plantas de producción cuenten con operatividad que funcione de manera eficaz para asegurar elevados niveles de servicio, productividad y sostenibilidad, dado que se encuentra en un entorno de competencia.

Actualmente, una de las plantas del sector enfrenta problemas de flujo al trasladar pallets desde las líneas de producción 1 y 2 hacia el área de almacenamiento de producto terminado, esto trae consigo problema de acumulación en las salidas de líneas de producción, áreas de paso, afectando la eficiencia del proceso, de la misma forma riesgos de seguridad para el personal, paradas en las líneas, y por ende falta de coordinación entre distintas áreas.

Frente a este desafío, se lleva a cabo un proyecto de mejora continua que utiliza la metodología DMAIC, con el objetivo de identificar las causas principales del problema, ofrecer soluciones efectivas y sostenibles, y asegurar un flujo logístico adecuado desde la producción hasta el almacenamiento. Implementar este proyecto tiene como fin optimizar el espacio disponible, reducir los tiempos de espera e incrementar la productividad del proceso en su totalidad. En una investigación similar llevada en una planta embotelladora de bebidas no alcohólicas, Garces Alvarez et al. (2021) al modificar la distribución del espacio y maximizar la utilización de las áreas de almacenamiento, disminuyendo los cuellos de botella, obteniendo una mejora considerable en la eficiencia de operaciones.

1.2 Descripción del Problema

Desde noviembre del año 2024, se ha evidenciado una acumulación de pallets en las zonas de salida de líneas de producción y de tránsito, a una tasa promedio de 4 pallet por hora, lo que es igual a 88 pallets diarios, por lo que se ha obtenido paradas diarias no programadas en la producción, debido a la falta de flujo, afectando directamente la operatividad y exponiendo al personal a condiciones laborales desfavorables.

Luego de una exhaustiva visita a la planta y una revisión en sitio del proceso, se identificó que nuestro cuello de botella ocurre en la etapa “esperar por transporte” (etapa 4 del proceso) después de que los pallets han sido envueltos. Dado que, los pallets permanecen almacenados temporalmente a la espera de ser trasladados al almacén de producto terminado. Esta demora se debe a la limitada capacidad de montacarguista, ya que solo existe uno para ambas líneas de producción. Así, como también por restricciones de espacio físico en zonas de transferencia, un diseño de flujo no adoptado a los volúmenes actuales de producción, y ausencia de análisis de capacidad real de evacuación de pallets. Presentando cuellos de botella, tiempos muertos y aumento de riesgo de accidentes laborales.

Ante este contexto, se requiere una intervención con estructura para entender la magnitud del problema, identificar sus causas raíz y proponer soluciones viables y sostenibles. Este proyecto utilizara la metodología DMAIC, para abordarlo con un enfoque cuantitativo, técnico y con resultados.

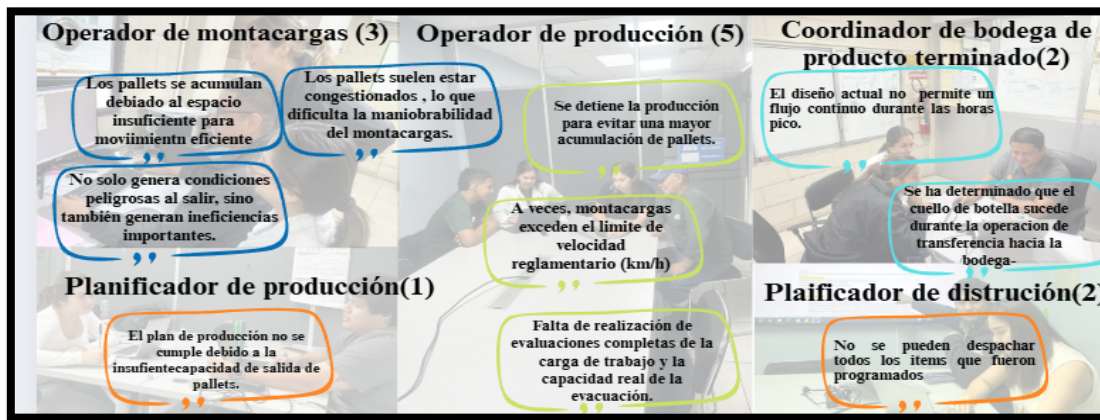
1.2.1 Requerimientos

Para comenzar la fase de definición de nuestro proyecto, fue principal realizar un levantamiento detallado de la situación actual en relación con el flujo de salida de los pallets desde las líneas 1 y 2 hasta la bodega de producto terminado. Incluye entrevistas con actores

clave del proceso: el jefe de producción, el supervisor de planta, el responsable de logística interna, el operador de montacargas y los operadores de línea.

Figura 1

VOC del cliente clave del proyecto



Nota: Respuestas obtenidas de nuestro cliente clave y clientes durante la entrevista

A partir de sus respuestas durante la entrevista, se construyó el VOC (Voice of the Customer) (ver Figura 1), con el objetivo de capturar y traducir las necesidad, expectativas y situaciones de preocupación tanto de nuestro cliente clave, coordinador de bodega de producto terminado, como los clientes internos, operadores de producción ,operador de montacarga, planificador de la producción y distribución, con lo cual se identificó los puntos críticos que afectan eficiencia de traslado interno y la acumulación de pallets, los cuales serán guía para el desarrollo del proyecto de metodología DMAIC.

El escuchar a nuestros usuarios ayudó a identificar múltiples percepciones sobre los problemas que se generan por la acumulación de pallets y conocer la situación en las líneas de trabajo 1 y 2. Por lo que se procedió a categorizar los comentarios obtenidos en un diagrama de afinidad (ver la Figura 2) para facilitar el análisis. De esta forma, se logró reconocer los factores

más mencionados por nuestros usuarios y reconocer aquellas áreas del proceso que requieren atención prioritaria.

Luego, estas agrupaciones por categoría sirvieron de recursos para la construcción del árbol de calidad (CTQ Tree), una herramienta que permitió alinear las expectativas de cliente con los indicadores cuantificables del proceso (ver la Figura 3).

A través de este estudio, se determinó que la variable crítica a intervenir en el proyecto sería la relación entre tasa de producción y tasa de transporte, dado que un desajuste entre ambas tasas compromete directamente a la acumulación de pallets, así como también en la eficiencia en la operatividad.

Figura 2

Diagrama de afinidad

Limitaciones de espacio y diseño	Ineficiencia del proceso	Deficiencia en el análisis de flujo	Congestión y seguridad
• La distribución actual no permite un flujo fluido durante las horas punta. • Con frecuencia, los pasillos se congestionan, lo que dificulta la maniobrabilidad de los montacargas.	• Los pallets se siguen acumulando debido a la falta de espacio para un movimiento eficiente. • El plan de producción no se está cumpliendo debido a la insuficiente capacidad de salida de palés. • Es necesario detener la producción para evitar una mayor acumulación de palés. • Se pueden enviar artículos no programados.	• Se ha determinado que el cuello de botella se produce durante las operaciones de traslado del almacén. • Hasta la fecha, no se ha realizado una evaluación exhaustiva de la carga de trabajo ni de la capacidad real de evacuación.	• Esto no solo crea condiciones peligrosas al salir, sino que también genera importantes ineficiencias en el tiempo. • Estas limitaciones operativas provocan periódicamente graves congestiones, creando condiciones inseguras con movilidad restringida.

Nota: Categorización de las opiniones obtenidas en las entrevistas

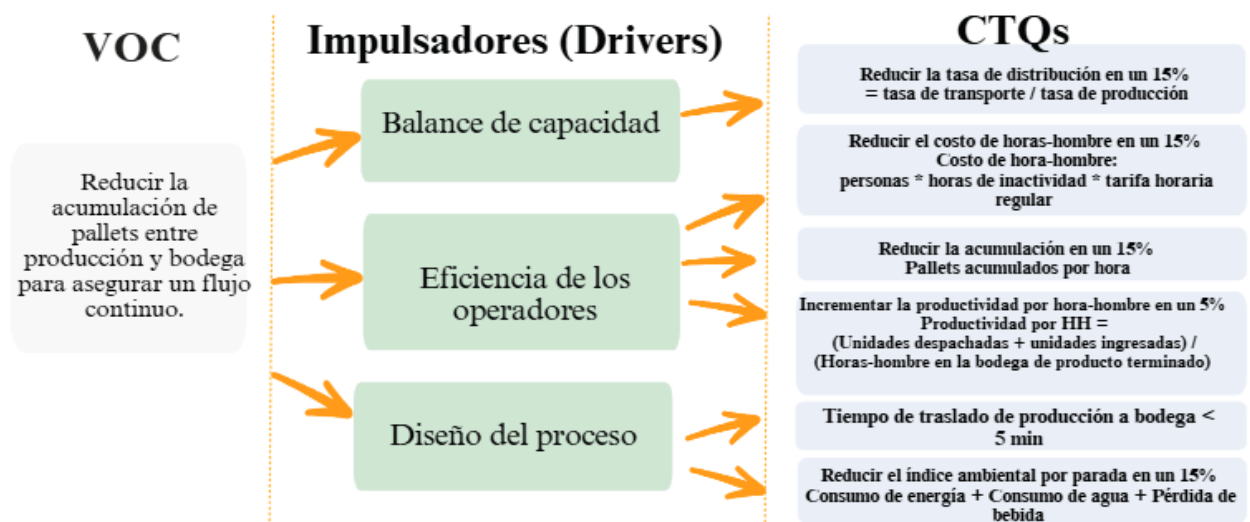
1.2.2 Variable de interés

Se construyó un árbol CTQ (Critical to Quality) como parte del análisis conjunto con los usuarios clave del proceso, en este diagrama (ver la Figura 3), se identificaron conductores del desempeño, balance de capacidad, diseño del proceso y la eficiencia operativa del personal, indicadores que permiten conocer el impacto directo, de estas variables sobre el flujo de pallets.

Se estableció que la variable prioritaria a intervenir, la reducción de la tasa de distribución, para conocer la acumulación de pallets por hora, asociada directamente con la relación entre tasas de producción y transporte. De esta forma, se podrá evaluar una mejora en la eficiencia de flujo operativo.

Figura 3

Árbol de CTQ



Nota: Árbol CTQ elaborado con base en la información obtenida en entrevistas y la validación de los usuarios.

Tomando los elementos críticos establecidos en el Árbol CTQ, se establecieron métricas clave de sostenibilidad que permiten analizar el impacto del proyecto en 3 dimensiones importantes: económica, social y ambiental. Este esquema conocido como Triple Bottom Line, proporciona una visión integral del desempeño del proceso desde un enfoque de sostenibilidad (ver la Figura 4).

Económica: Se enfoca en optimizar los insumos humanos mediante la reducción de costo asociado a las horas no productivas en planta. Vinculado con el objetivo de desarrollo Sostenible (ODS) 9, el cual es de Industria, Innovación e infraestructura, ya que promueve procesos

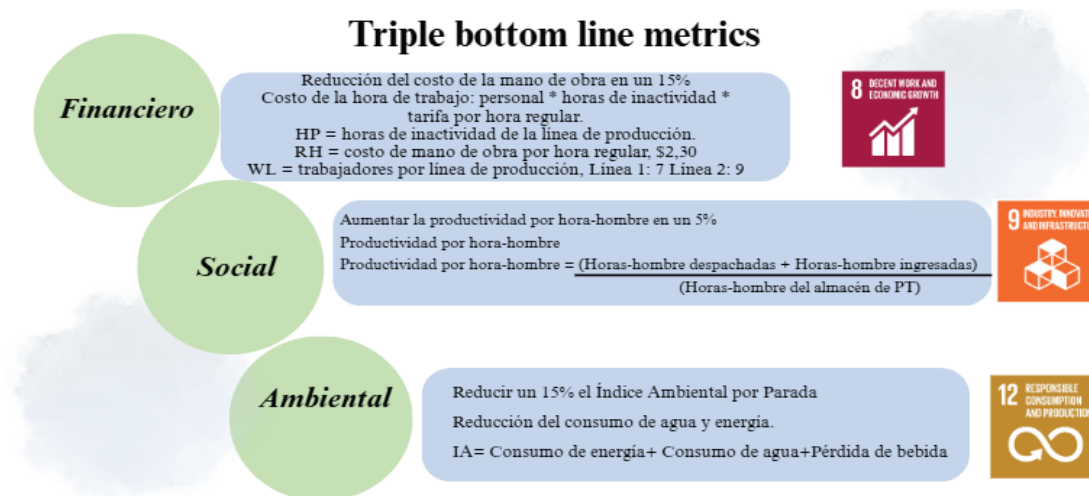
industriales sostenibles y eficientes, lo cual se enlaza con optimizar costos operativos a través de recursos disponibles.

Social: Mide el rendimiento del personal operativo, estableciendo metas de productividad por hora-hombre para aumentar el uso eficiente del tiempo disponible. Vinculado con el ODS 8, trabajo decente y crecimiento económico, la mejora del desempeño aporta a entornos laboral más productivo e imparcial, obteniéndose como resultado condiciones positivas para desarrollo de capital humano.

Ambiental: Se considera la eficiencia del consumo de recursos, buscando reducir el índice ambiental por parada, que incluye variables como agua, energía y perdidas por producto derramado. Vinculado al ODS 12, que es producción y consumo responsable, dado que reducir el desperdicio y disminuir el impacto ambiental contribuye al desarrollo, de buenas prácticas con referencia al ciclo de producción.

Figura 4

Triple Línea de métricas



Nota: Indicadores de los tres fundamentos de la sostenibilidad

Dado que la variable seleccionada como prioritaria, a partir del CTQ Tree, es la tasa de distribución, que es igual a la relación entre la tasa de producción y la tasa de transporte, por lo cual, se usará esta ecuación (1.1), para obtención de tasa de distribución, la cual permitirá conocer si existe acumulación, en cada muestra tomada.

$$Y = \frac{\text{Tasa de producción } (Y_p)}{\text{Tasa de transporte } (Y_t)} \quad (1.1)$$

Donde:

Y_p (Tasa de producción): Pallets producidos por hora

Y_t (Tasa de transporte): Pallets transportados por hora

Su interpretación es:

$Y > 1$: La producción es mayor que la capacidad de traslado, se obtiene acumulación de pallets, y $Y \leq 1$: El transporte iguala o supera la producción, se obtiene un flujo sin acumulación de pallets. El objetivo del proyecto es reducir en un 15 % con el fin de mitigar la acumulación registrada, que actualmente alcanza hasta 4 pallets por hora.

Para el cálculo de la tasa de distribución se necesitan dos variables, la primera es la tasa de producción (Y_p), y para su cálculo se utiliza el inverso de la sumatoria de las variables y_{p1} y y_{p2} ecuación (1.2), así como también tenemos la segunda variable, tasa de transporte (Y_t), para su cálculo y se usa el inverso de la sumatoria y_{t1} , y_{t2} y y_{t3} ecuación (1.3)

Tasa de producción (Y_p)

$$Y_p = \frac{1}{y_{p1} + y_{p2}}$$

(1.2)

Donde: *y_{p1} : Tiempo de producción por pallet* *y_{p2} : Tasa de salida por pallet***Tasa de transporte (Y_t)**

$$Y_t = \frac{1}{y_{t1} + y_{t2} + y_{t3}}$$

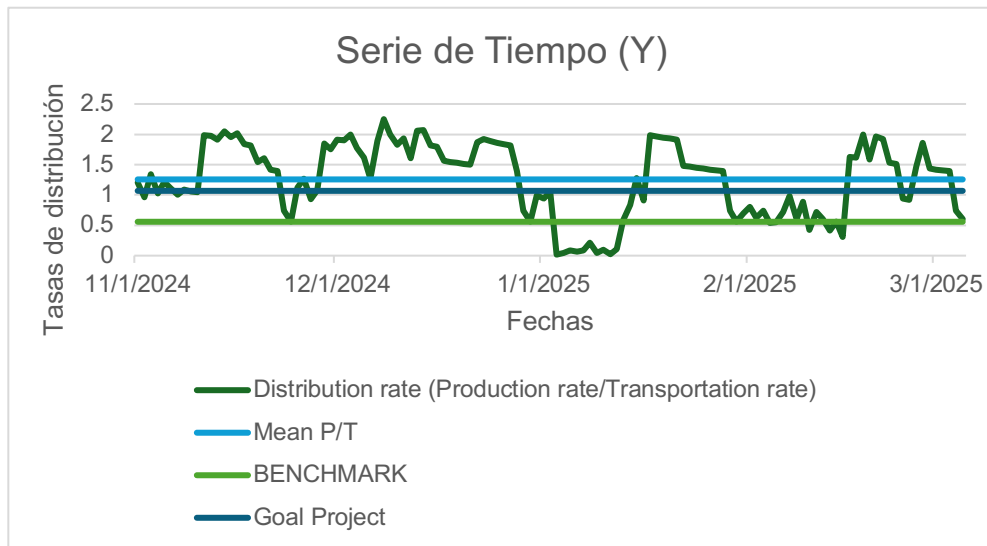
(1.3)

Donde: *y_{t1} : Tiempo desde que el pallet sale de la línea hasta la envolvente.* *y_{t2} : Tiempo que tarda en envolverse.* *y_{t3} : Tiempo para su almacenamiento en bodega.*

Se generó una serie de tiempo, en la que se tomó la tasa de distribución generada con datos obtenidos desde 1 de noviembre del 2024 hasta el 5 de marzo del 2025. En la Figura 1.5, se tomó como *benchmark* 0.5583, debido a que presenta nuestra tasa de distribución más baja, y muestra que en ese punto no hay acumulación, ya que una tasa de distribución mayor o igual que 1 implicaría tener acumulación de pallets, y una tasa de distribución menor a 1 no hay acumulación, 0.5583 representa el mejor caso en el que no hay acumulación, así mismo se representó la media y nuestra meta del proyecto que es reducir en 15% la tasa de distribución reduciendo de esta manera la acumulación.

Figura 5

Serie de tiempo de tasa de distribución



Nota: Serie de tiempo de la tasa de distribución

Los datos que se obtuvieron permiten que usando la herramienta 3W + 2H (ver la Figura 1.6) se estructure la problemática de la situación actual.

Figura 6

Herramientas 3W+2H



Nota: Representación estructurada del problema de la situación actual mediante 3W+2H

Esta metodología permitió contextualizar la situación de forma clara y operativa, de esta forma se obtuvo:

“Desde julio de 2024, se ha producido una acumulación de pallets en las zonas de salida de las líneas de producción 1 y 2. Este problema se produce a un ritmo de 4 pallets por hora, lo que resulta en una acumulación diaria de 88 pallets. Esta acumulación está provocando paradas de producción no programadas debido a la falta de flujo, lo que interrumpe las operaciones y podría afectar la productividad y la eficiencia.

1.3 Alcance del Proyecto

Se elaboró un SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) obteniéndose una visión con estructura del flujo de producto terminado, desde las líneas de producción 1 y 2 hacia su entrega final en bodega (ver Figura 7).

Permitió identificar a los usuarios involucrados, los insumos utilizados, las primordiales actividades que intervienen, las salidas y los clientes internos y externos vinculados en cada etapa. Se destaca con un recuadro rojo la sección correspondiente a la bodega de producto terminado, donde se centra el alcance objetivo al ser el punto más crítico del proceso, una fase donde fue identificado la acumulación de pallets.

En aquella área tenemos actividades de traslado interno, verifican inventarios y posicionan los pallets en su ubicación final, en conjunto trae consigo limitaciones en su capacidad y sincronizados con producción, lo que trae consigo como resultado cuellos de botella, afectando la eficiencia.

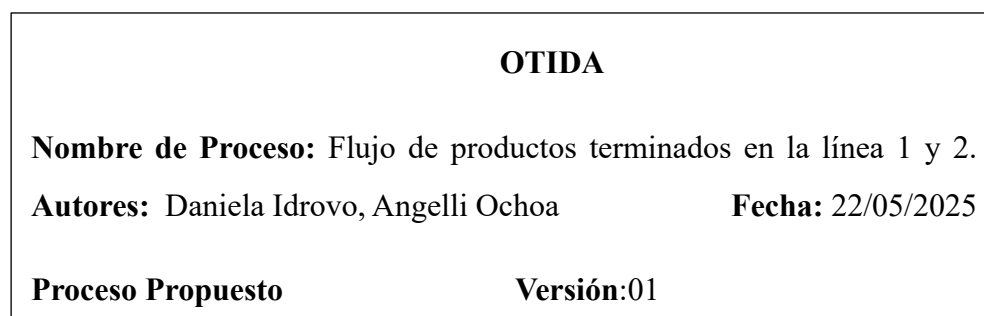
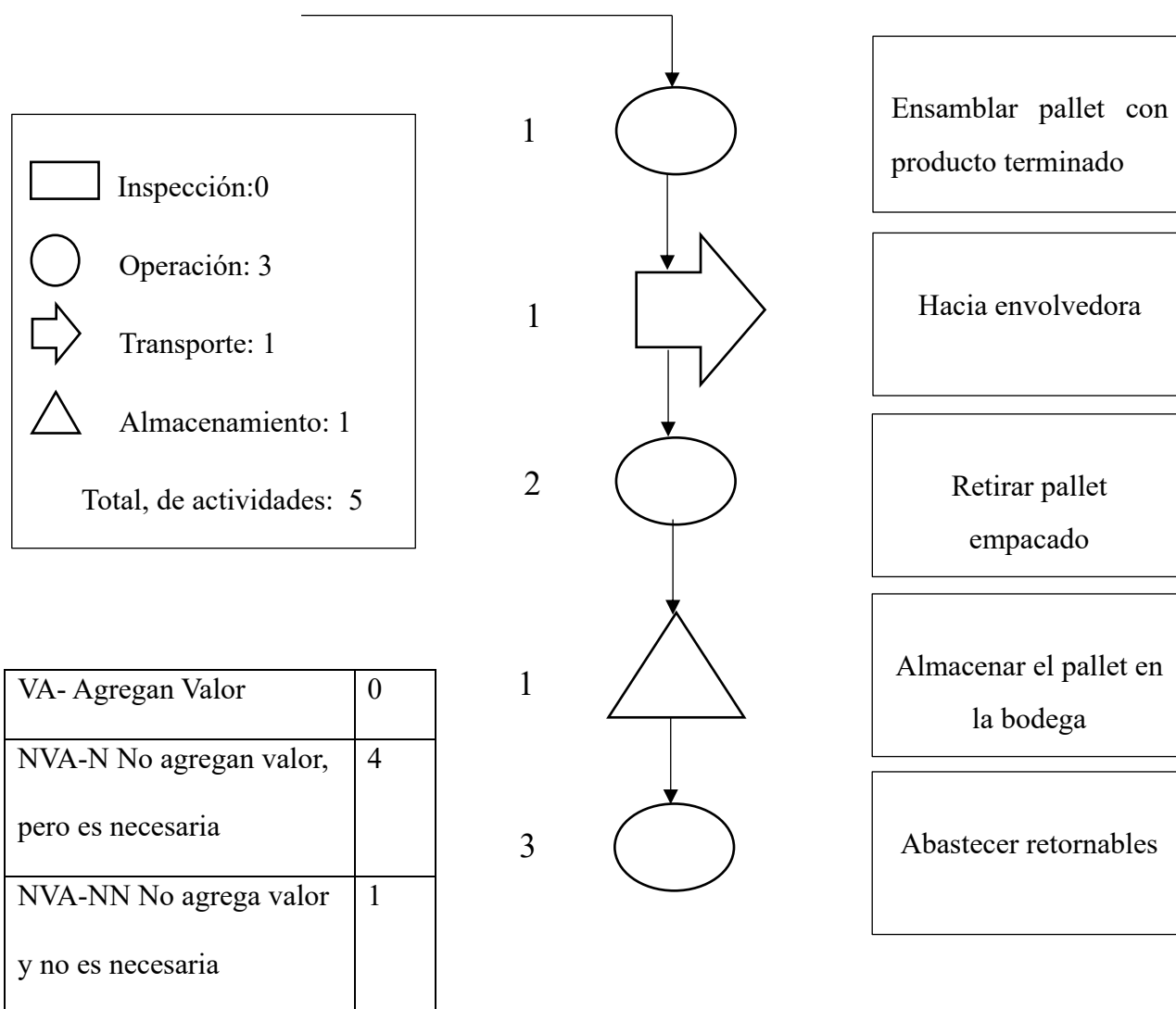
Figura 7*SIPOC*

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Departamento de Planificación				
Planificador de producción	Órdenes de producción	Programación de la producción	"Plan de producción diario/semanal, informe de progreso de producción"	Operadores y supervisores de producción
Planificación de la distribución	Plan de despacho	Preparación de pedidos para despacho	Programa de envíos	Coordinador de almacén de productos terminados
Área de retornables				
- Asistente de retornables	Paletas retornables disponibles	Inspección y reparación de pallets	Palets limpios y en buen estado	Operadores de producción
Área de producción				
-Supervisores y operadores de producción	Retornables - materia prima (preformas)	Inspección de pallets	Palets homologados para producción	Máquina de moldeo por soplado
	Botellas + producto líquido	Llenadora (llenado de botellas)	Botellas llenas	Máquina tapadora
	Botellas llenas	Taponadora (sellado de botellas)	Botellas selladas	Máquina codificadora
	Botellas selladas	Codificadoras (marcado de lotes/fechas)	Botellas etiquetadas	Máquina empacadora
	Botellas etiquetadas	Empaquetadora (embalaje secundario)	Producto envasado	Paletizadora
	Producto envasado + pallets	Paletizadora (apilado sobre palets)	Palets completos y etiquetados	Montacargas (Almacén de productos terminados)
	Producto terminado de la línea	Montaje de palés con producto terminado	Palets completos y etiquetados	Montacargas (Almacén de productos terminados)
Almacén de productos terminados				
1) Operadores de montacargas	Palets ensamblados	Palets transportados a bodega	Transporte de pallets al almacén	Coordinador de Almacén de Productos Terminados
2) Producto terminado	Palets en almacén	Verificación de inventario	Verificación de inventario	Transportistas/Logística Externa

Nota: El área enmarcada de rojo indica el punto crítico donde se concentra la problemática del proyecto

1.4 Restricciones

Se elaboró un diagrama de procesos OTIDA (ver la Figura 8) con el fin de identificar y dar prioridad a problemas críticos. En este caso, cuello de botella, utiliza su categorización según el tipo de acción: operación, transporte, inspección, demora o almacenaje. Identificando actividades que agregan valor, actividades que no agregan valor, pero son necesarias y actividades que no agregan valor, pero no son necesarias, ayudando de esta manera a ubicar nuestro enfoque en los puntos correctos hacia la mejora. Utiliza su categorización según el tipo de acción:

Figura 8*Diagrama OTIDA***Flujo de productos terminados en la línea 1 y 2**

Nota: Actividades del proceso de flujo de producto terminado para la línea 1 y 2.

Se realizó el resumen del tipo de actividades con su respectiva categorización (ver Figura 9), para conocer el número de actividades en cada categoría, 2 operaciones, así como también, 3 actividades de transporte, 1 actividad de inspección y 1 actividad de almacenamiento.

Se procedió a clasificar en actividades que agregan valor, que no agregan valor y son necesarias y actividades que no agregan valor, pero no son necesarias, de esta manera, se identificaron, 2 actividades que agregan valor, 1 actividad que agrega valor, pero no es necesaria y 4 actividades que no agregan valor, pero son necesarias.

El cuello de botella se encuentra entre las actividades de retirar el pallet embalado y almacenar el pallet en bodega, actividades encerradas en el recuadro rojo, el cuello de botella identificado es el tiempo que tarda un pallet en ser almacenado y la tasa de acumulación es de 4 pallets por hora y 88 pallets al día.

1.5 Justificación del problema

Reducir la tasa de distribución reduce la acumulación de pallets y mejora la eficiencia del proceso. En las paradas no programadas de las líneas de producción 1 y 2, se ha visto como resultado, las consecuencias de esta acumulación de pallets, retrasando así, el flujo continuo de operación, con un impacto negativo en la eficiencia del proceso, conforme van acumulándose los pallets, el espacio disponible disminuye, causando obstrucciones en áreas transitadas, aumentando el riesgo de seguridad, y generando una mala organización operacional. Además, este problema no es esporádico, revisando datos históricos con los que se realizó la línea de tiempo, fue evidente que existe recurrencia desde mediados del 2024 hasta la actualidad.

Es importante, tomar esta problemática para mejorar positivamente el flujo interno, empatando la producción con la capacidad de transporte de pallets, abordando con mejora alineando en la metodología DMAIC. Intervenir en esta problemática donde el cuello de botella trae consigo un impacto directo, negativo y que afecta de forma general a todo el proceso, muestra que optimizar esta fase traerá resultados positivos en la fluidez del proceso.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Reducir en un 15% la tasa de distribución en las líneas 1 y 2 desde el proceso final de producción hasta el almacén mediante la implementación de mejoras logísticas y operativas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Definir: Establecer claramente el problema de la acumulación excesiva de los pallets en las líneas de producción 1 y 2 durante el turno 1, identificando a las partes interesadas y el impacto en la eficiencia logística.
- Medir: Cuantificar la tasa de distribución entre la producción y el transporte interno mediante la recolección y el análisis de datos operativos para medir los niveles de acumulación de palets.
- Analizar: Identificar las causas fundamentales del desequilibrio entre la capacidad de producción y transporte, evaluando la relación de salida/entrada y sus efectos en el proceso de producción.
- Mejorar: Desarrollar e implementar estrategias o soluciones para optimizar el flujo de pallets, equilibrando la capacidad de producción y transporte para reducir la acumulación.

- Control: Establecer indicadores de monitoreo y protocolos de control para mantener la tasa de distribución dentro de los límites aceptables y prevenir futuros cuellos de botella.

1.7 Marco teórico

1.7.1 Gestión del flujo de materiales en procesos industriales

El flujo de materiales es importante en la eficiencia operacional y el nivel de conformidad del cliente, en los procesos productivos. Una gestión que no es eficiente del flujo, esto provoca acumulaciones. Según Gonzales, Martínez y Torres (2020), las paradas en el tránsito logístico interno traen consigo una desalineada coordinación entre áreas de producción y almacenaje, en especial en sectores de alta salida de producto final, como la de bebidas y alimentos.

1.7.2 Acumulación de pallets y cuellos de botella

La acumulación de pallets en espacios de salida ocurre cuando existe desalineación entre capacidad de producción y capacidad de transporte. Goldratt (1990) define al cuello de botella cuya capacidad limite la del resto del proceso. En este caso, si la velocidad de retiro es menor que la de producción se produce una acumulación que afecta la rentabilidad operativa.

Estudios realizados por Morales Benitex y Diaz (2019) indican que este tipo de problemas son frecuentes en plantas de manufactura, dado que la acumulación sostenida genera parados no programadas, problemas en las zonas altamente transitadas. Lopez y Vera (2022) indica que, en el sector de bebidas, el área de despacho es importante por la relación directamente y dependencia de montacargas al espacio limitado.

1.7.3 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar) basada en Six sigma, tiene como fin solucionar problemas de complejidad de manera analítica y sustentable. Antony (2011) sugiere que DMAIC ayuda a identificar causas raíz basándose en datos reales del proceso, facilitando el tomar decisiones y la implementación de soluciones factibles.

George, Rowlands, Price y Maxey (2005) indican que la fase Measure (medición) está centrada en demostrar de forma cuantitativa la amplitud del problema, en cambio, Analyze (Analizar) permite conocer y dar prioridad a las causas potenciales. Por otro lado, Improve (Mejorar) está enfocado en proponer soluciones factibles para acabar con las causas raíz, y, por último, Control (control) lograr que los resultados obtenidos se mantengan en el tiempo mediante lineamientos y seguimiento constante.

1.7.4 Herramientas de análisis de flujo

Liker (2004) señala que esta herramienta cumple con diferenciar durante las actividades que agregan valor, como el ensamblaje o empaque y aquello que no como el transporte o espera, y el flujo optimizado.

Según Niebel (1996), el diagrama OTIDA es muy usado para clasificar entre actividades de operación, transporte, inspección, y almacenamiento, es fundamental en el análisis de procesos. Así como también herramientas como, diagramas de flujo, SIPOC, gráficos de control y puntos críticos, de forma que en conjunto se obtiene una visión integral del proceso.

1.7.5 Alineación entre producción y logística

Es importante para mantener estabilidad operativa. Según Ohno (1988) el exceso de inventario, en zonas intermedias forma parte de los principales desperdicios. Womack y Jones

(2003) mencionan que una estrategia Lean se basa en producir solo lo necesario, en el tiempo necesario, y con la calidad necesaria.

1.7.6 Modelo de asignación

El modelo de asignación se aplica en rediseño de layouts para reducir recorridos, tiempos y costos. Se centra en matrices de flujo y distancia, optimista la distribución de recursos (Hillier & Lieberman, 2010; Niebel, 1996).

1.7.7 Análisis de capacidad, estabilidad y normalidad

Normalidad: Se realiza verificación con pruebas estadísticas como Shapiro- Wilk o gráficos de probabilidad. Esto para comprobar si efectivamente los indicadores de capacidad siguen distribución normal.

Capacidad: Cumplimiento de especificaciones del cliente, medido con índices como Cp,Cpk que contrastan la variación del proceso con los límites de especificación (Juran & Godfrey,1999)

Estabilidad: Se evalúa la estabilidad de proceso en base a variaciones que no sean motivo de factores atípicos, sino por causas comunes. Evaluación con gráficos de control (Montgomery, 2009).

1.7.8 Optimización matemática

Su enfoque es buscar encontrar la mejor solución dentro de un posible conjunto de alternativas, teniendo claro restricciones. Se aplicó el modelo matemático para mejorar las rutas

del montacarga para almacenar el pallet con producto terminado, el cual fue el de asignación resuelto a través de GAMS.

1.7.9 GAMS (General Algebraic Modeling System)

Es un sistema de modelado algebraico que facilita la formulación y resolución de problemas con complejidad matemática. (Brooke, Kendrick, Meeraus & Raman, 1998). Permite definir modelos de asignación y distribución de planta.

Capítulo 2

2.1 Metodología

En el desarrollo del estudio se implementó la metodología Six Sigma DMAIC, con el fin de analizar eficientemente la problemática identificada en la empresa manufacturera de bebidas, a través de esta metodología se logró identificar algunos de los requerimientos del cliente clave y los diferentes puntos críticos de calidad los cuales están vinculados con el cliente interno de la organización. Como resultado, se logró definir la variable de respuesta como la tasa de distribución la cual valida la acumulación de pallets que se tiene al salir el producto de las líneas de producción.

2.1.1 Definición

Como se menciona en el capítulo 1 primera fase del proceso, por medio de consultas y encuestas a los diferentes personajes que se encuentra dentro del proceso, por consecuente fueron usadas en el Voice of Customer (VOC) a los actores clave, al igual que en el Critical Tree Quality (CTQ).

La pregunta que se utilizó en el VOC a todos nuestros clientes fue ¿Cuáles son las causas por las cuales se genera la acumulación de pallets en el área de salida de la línea de producción?

Con base a las respuestas obtenidas, fue posible estandarizar la variable con soporte del diagrama de afinidad y la herramienta de árbol CTQ mencionado en el capítulo 1. La variable se medirá a través de la tasa de distribución, a medida que cuando la tasa supera el valor de 1, se presenta la acumulación.

2.1.2 Medición

2.1.2.1 Plan de recolección de datos

En el contexto del plan de levantamiento de información (Figura 10), se identificaron diversos factores que ocasionan interrupciones en las actividades operativas dentro del proceso las cuales causaban acumulación. El presente análisis contempla algunos de los indicadores como el rendimiento por hora, la eficiencia del proceso de evacuación de pallets y métricas laborales asociadas al proceso.

Figura 9.

Plan de recolección de datos

¿Qué?	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de datos	Tamaño de muestra	Factores de estratificación	Fecha	Lugar de trabajo	Método de recolección	Uso futuro	Responsable	Validación
x1	Tiempo de ciclo de producto	Minutos	Continuo	n=171	Línea de producción	Jul 2024- Abr 2025	Zonas de salida de línea	Estudio de tiempos y movimientos	Análisis de tasa	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Para tiempo de ciclo yp1
x2	Tasa de producción	Minutos	Continuo	n=171	Línea, turno	Jul 2024- Abr 2026	Zonas de salida de línea	Estudio de tiempos y movimientos	Análisis de tasa	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Para tiempo de ciclo yp1
x3	Tiempo en mover un pallet desde la línea a la envolvedora	Minutos	Continuo	n=171	Línea, turno	Jul 2024- Abr 2027	Área de producción	Estudio de tiempos y movimientos	Análisis de tasa	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Para tiempo de ciclo yp2
x4	Tiempo que un pallet es envuelto	Minutos	Continuo	n=171	Línea de producción	Jul 2024- Abr 2028	Área de producción	Estudio de tiempos y movimientos	Análisis de tasa	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Para tiempo de ciclo yp2
x5	Tiempo que un pallet es almacenado	Minutos	Continuo	n=171	Línea, turno	Jul 2024- Abr 2029	Área de producción	Estudio de tiempos y movimientos	Análisis de tasa	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Para tiempo de ciclo yp2
x6	Tiempo de ciclo yp1	Salida de tasa de producción (hora/pallet)	Continuo	n=171	Línea de producción	Jul 2024- Abr 2030	Área de producción	Análisis de Excel	Análisis consistente de tiempos de ciclo	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Validado mediante consistencia de tiempos
x7	Tiempo de ciclo Yp2	Salida de tasa de producción (hora/pallet)	Continuo	n=171	Línea, turno	Jul 2024- Abr 2031	Área de producción	Análisis de Excel	Medir salida del sistema	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Verificado con análisis en Minitab
x8	Tasa de distribución (Yp/Yt)	Tasa (pallet/hora)	Continuo	n=171	Línea, zonas de salida	Jul 2024- Abr 2032	Zonas de salida de línea	Análisis de Excel	KPI para balance entre producción y transporte	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Verificado con reportes y gráficos
x9	Promedio de pallets en espera	Número	Discreto	n=171	Zonas de salida, hora del día	Jul 2024- Abr 2033	Zonas de salida de línea	Análisis de Excel	Evaluar interrupciones de flujo	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Confirmado con inspecciones visuales
x10	Costo de mano de obra= personal* horas de inactividad+ hora regular	Dólar (\$)	Discreto	n=171	Turno, operador	Jul 2024- Abr 2034	Bodega	Análisis de Excel	Estrategias de reducción de costos (TBL financiero)	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Validado contra reportes de nómina
x11	Productividad de mano de obra= (CU despachado/CU ingresado)/ Horashombre en bodega PT	Unidad/hora	Continuo	n=171	Turno, operador	Jul 2024- Abr 2035	Bodega	Análisis de Excel	Seguimiento de eficiencia laboral (TBL social)	Angelli Ochoa - Daniela Idrovo	Validado con bases de datos internos

La empresa proporcionó la información de registros pertinentes, como indicadores de OEE, los tiempos del proceso al salir de las líneas, y el tiempo de paradas no programadas por falta de flujo consecuencia de la acumulación de los pallets. Gracias a esto se recopilaron los siguientes indicadores que están dentro de los 3 pilares fundamentales.

2.1.2.2 Extracción de datos

Durante el periodo de análisis, se consolidó una base de datos compuesta por registros directamente desde la planta de producción en distintos intervalos de tiempo. La recopilación se abarco en un rango de aproximadamente 6 meses y se construyó considerando múltiples procesos como distribución en turnos laborales, segmentación por líneas de producción y por los diferentes productos (SKU's) producidos en la línea 1 y 2.

Figura 10

Visualización del entorno y parámetros utilizados en la recopilación de datos

Mue. 	Tiempo de esp. 	Armado de pa. 	Transporte e hac. envolv. 	Envolv. or. 	Transporte e hac. zona 	Transporte e hac. bode. 	Lín. 	SKU 	Form. 	Almacenamiento 	
63			4,05	0,62	1,58	0,32	1,75	2	Volt maca	400 ml	Capilla
64	3,966667		4,67	0,58	1,40	0,37	1,66	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
65	1,333333		4,15	0,58	1,45	0,38	1,71	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
66	0,75		4,18	0,57	1,63	0,39	1,77	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
67	1,1		4,58	0,57	1,58	0,40	1,83	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
68	0,766667		4,05	0,56	1,40	0,41	1,88	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
69	0,266667		4,02	0,56	1,45	0,41	1,94	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
70	1,566667		4,05	0,55	1,63	0,42	1,99	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
71	0,683333		4,67	0,54	1,58	0,43	2,05	1	Agua cielo	3500 ml	Bodega
72	2,966667		4,15	0,54	1,40	0,44	2,10	1	Agua cielo	3500 ml	Bodega
73	0,633333		4,18	0,53	1,45	0,45	2,16	1	Agua cielo	3500 ml	Bodega
74			4,58	0,28	1,25	0,40	0,73	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
75			5,17	0,48	1,32	0,33	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
76			3,27	0,58	1,08	0,32	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
77			4,70	0,60	1,10	0,35	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
78			2,22	0,61	1,17	0,43	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
79			2,23	0,58	1,17	0,43	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
80			2,24	0,56	1,17	0,43	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
81			2,25	0,54	1,17	0,43	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
82			2,26	0,52	1,17	0,43	2,2	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
83			2,27	0,50	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Bodega
84			2,28	0,48	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
85			2,29	0,46	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
86			2,30	0,44	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
87			2,31	0,42	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
88			2,32	0,39	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
89			2,33	0,37	1,17	0,43	1,266667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
90			4,13	0,55	1,18	0,35	0,966667	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
91			7,02	0,48	1,17	0,37	1,9	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
92			4,53	0,50	1,17	0,32	1,183333	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla
93			3,80	0,48	1,15	0,33	1,1	1	Agua cielo	3500 ml	Capilla

La información fue recolectada mediante sesiones de consulta y reuniones técnicas con personal clave de la organización, como parte del proceso, la empresa facilitó registros operativos relevantes, entre ellos los indicadores de Eficiencia General del Equipo (OOE), métricos de salida por la línea de producción y los datos asociados a las paradas no programadas por falta de flujo por acumulación de pallets, plan de producción y distribución.

Adicional se realizó una medición cronometrada en planta desde la salida de producto terminado en cajas hasta su correspondiente proceso de paletizado. Los tiempos obtenidos fueron desagregados en dos ciclos operativos principales:

- Ciclo de Producción: que contempla el tiempo de espera hasta la disponibilidad del producto y el tiempo requerido para armar cada pallet.

Figura 10

Hoja de registro de paradas por falta de flujo

Punto de medición	Número de pedido	Nombre de artículo	Número de artículo	Tipo de artículo	Turno	Inicio de intervalo	Fin de intervalo	Minutos	Tiempo total d
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	2do Turno	30/09/2024 19:00	30/09/2024 19:11	11,05	
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	1er Turno	30/09/2024 7:00	30/09/2024 7:04	4,09	
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	1er Turno	30/09/2024 7:18	30/09/2024 7:22	3,93	
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	1er Turno	30/09/2024 7:28	30/09/2024 7:32	4,53	
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	1er Turno	30/09/2024 8:05	30/09/2024 8:08	3,43	
Línea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	1er Turno	30/09/2024 13:00	30/09/2024 13:03	3,59	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	29/09/2024 21:24	29/09/2024 21:31	7,28	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	29/09/2024 23:39	29/09/2024 23:45	5,8	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	29/09/2024 23:52	29/09/2024 23:59	6,68	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	30/09/2024 2:24	30/09/2024 2:37	12,76	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	30/09/2024 2:44	30/09/2024 2:51	7,06	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	30/09/2024 4:18	30/09/2024 4:21	3,15	
Línea 01	-	BIG 1,1 FRESA x 12 UNID	599754	1,1 L	2do Turno	30/09/2024 4:49	30/09/2024 4:54	5,5	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	1er Turno	29/09/2024 7:00	29/09/2024 7:08	8,94	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	1er Turno	29/09/2024 7:17	29/09/2024 7:30	12,86	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	1er Turno	29/09/2024 15:28	29/09/2024 15:33	4,42	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	1er Turno	29/09/2024 15:51	29/09/2024 15:55	4,09	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	1er Turno	29/09/2024 18:03	29/09/2024 18:07	3,38	
Línea 01	-	BIG 1,1 NARANJA x 12 UNID	599757	1,1 L	2do Turno	29/09/2024 1:10	29/09/2024 1:13	3,05	

- Ciclo de Transportación, conformado en tres fases sucesivas:
- Traslado de pallet armado hacia la envolvedora.
- Movimiento desde la envolvedora hasta la zona de tránsito o espera, la cual es gestionada por el área de almacén hasta su redistribución definitiva.
- Tiempo requerido para su almacenamiento formal en bodega.

Como resultado del estudio temporal, se definió la variable operativa denominada ratio de distribución, cuya formula corresponde a la relación entre el tiempo efectivo de producción y el tiempo total de transportación. Este indicador permite evaluar, comparar el flujo logístico y evitar acumulaciones en los diferentes puntos críticos de la operación como en la zona de tránsito.

A través del software de producción implementado por la empresa manufacturera como monitoreo de la eficiencia especializada en la gestión de industrias fue posible el acceso de la información operacional relevante. Esta plataforma permite recopilar y procesar datos en tiempo real provenientes de las líneas de producción, así como registros de los turnos de los operadores.

En el marco de este proyecto, se utilizaron los datos extraídos para identificar las paradas no programadas, consecuencias por deficiencias en el flujo operativo, lo cual constituye un factor crítico para categorizar los puntos críticos del proceso y la transformación de estos indicadores estratégicos facilita la optimización del desempeño logístico.

Figura 11

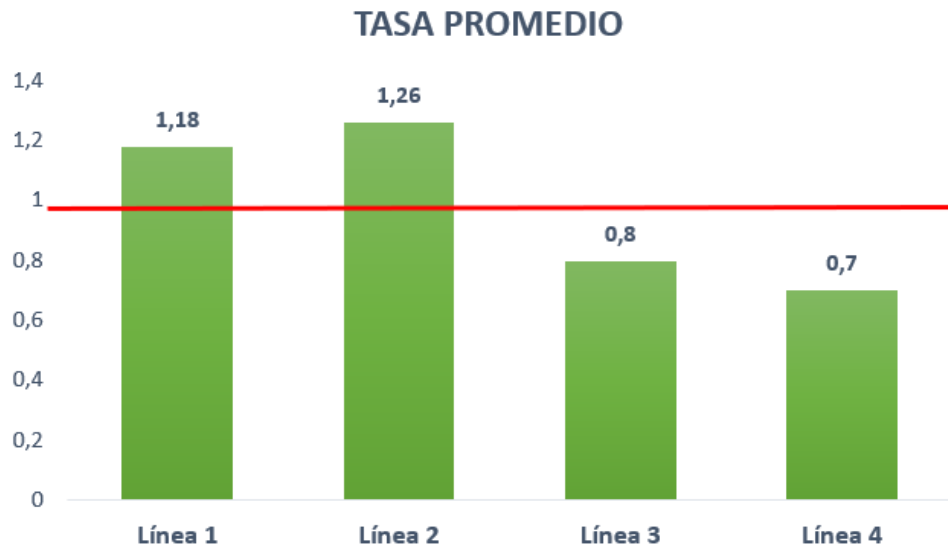
Hoja de registro de paradas por acumulación de pallet al final de la línea

Punto de medici	Número de pedi	Nombre de artículo	Número de artícu	Tipo de artícu	Turno	Inicio de inter	Fin de interval	Minut	Tiempo total de paré	Causa de parada
5 Linea 01	-	BIG 2,25 COLA x 6 UNID	500147	2,25 L	2do Turno	7/1/2025 4:51	7/1/2025 4:59	8,38	0:08:23	Espacio Físico
7 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	2do Turno	6/1/2025 19:00	6/1/2025 19:18	18,12	0:18:07	Espacio Físico
8 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	2do Turno	6/1/2025 19:18	6/1/2025 19:31	13,25	0:13:15	Espacio Físico
9 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	2do Turno	6/1/2025 19:31	6/1/2025 19:42	11,38	0:11:23	Espacio Físico
3 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	2do Turno	6/1/2025 19:54	6/1/2025 19:57	3,2	0:03:12	Espacio Físico
1 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 7:58	6/1/2025 8:23	24,5	0:24:30	Espacio Físico
2 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 8:34	6/1/2025 8:40	6,84	0:06:50	Espacio Físico
5 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 8:47	6/1/2025 9:20	32,49	0:32:29	Espacio Físico
4 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 9:24	6/1/2025 11:06	102,38	1:42:23	Espacio Físico
5 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 11:17	6/1/2025 11:24	7,08	0:07:05	Espacio Físico
5 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 11:24	6/1/2025 13:38	133,62	2:13:37	Espacio Físico
7 Linea 01	-	ORO 2,25 ORO x 6 UNID	513623	2,25 L	1er Turno	6/1/2025 13:41	6/1/2025 13:53	11,32	0:11:19	Espacio Físico
9 Linea 01	-	-	-	-	2do Turno	6/1/2025 2:12	6/1/2025 2:39	27,17	0:27:10	Espacio Físico
9 Linea 01	-	-	-	-	2do Turno	6/1/2025 2:39	6/1/2025 7:00	260,4	4:20:24	Espacio Físico
3 Linea 01	-	BIG 3,05 COLA x 6 UNID	500187	3,05 L	2do Turno	5/1/2025 2:22	5/1/2025 2:25	3,07	0:03:04	Espacio Físico
1 Linea 01	-	BIG 3,05 COLA x 6 UNID	500187	3,05 L	2do Turno	5/1/2025 4:43	5/1/2025 4:46	3,14	0:03:08	Espacio Físico
2 Linea 01	-	CIFRUT 3,05 CITRUS x 6 UNID	522693	3,05 L	2do Turno	4/1/2025 19:29	4/1/2025 19:32	3,81	0:03:48	Espacio Físico
3 Linea 01	-	BIG COLA 911 ml	500354	0,911 L	2do Turno	3/1/2025 19:39	3/1/2025 20:14	35,01	0:35:00	Espacio Físico
4 Linea 01	-	-	-	-	2do Turno	3/1/2025 19:00	3/1/2025 19:39	39,05	0:39:03	Espacio Físico
5 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	1er Turno	29/3/2025 7:00	29/3/2025 7:14	14,79	0:14:47	Espacio Físico
5 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	1er Turno	29/3/2025 7:24	29/3/2025 7:34	10,03	0:10:02	Espacio Físico
7 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	1er Turno	29/3/2025 7:38	29/3/2025 7:42	3,88	0:03:53	Espacio Físico
8 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 3:41	29/3/2025 3:49	8,2	0:08:12	Espacio Físico
9 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 4:41	29/3/2025 4:54	13,24	0:13:14	Espacio Físico
3 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 5:08	29/3/2025 5:15	7,85	0:07:51	Espacio Físico
1 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 5:22	29/3/2025 5:30	7,84	0:07:50	Espacio Físico
2 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 5:46	29/3/2025 6:02	16,07	0:16:04	Espacio Físico
3 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 6:02	29/3/2025 6:06	4,26	0:04:16	Espacio Físico
4 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 6:24	29/3/2025 6:28	4,1	0:04:06	Espacio Físico
5 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 6:30	29/3/2025 6:33	3,68	0:03:41	Espacio Físico
5 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	29/3/2025 6:46	29/3/2025 7:00	13,73	0:13:44	Espacio Físico
7 Linea 02	-	BIG 1,1 UMON x 12 UNID	599756	1,1 L	2do Turno	25/3/2025 21:51	#####	4,17	0:04:10	Espacio Físico
8 Linea 02	-	BIG 1,1 UMON x 12 UNID	599756	1,1 L	2do Turno	25/3/2025 22:34	#####	5,83	0:05:50	Espacio Físico
9 Linea 02	-	BIG 1,1 COLA x 12 UNID	599653	1,1 L	2do Turno	24/3/2025 19:21	#####	3,14	0:03:08	Espacio Físico

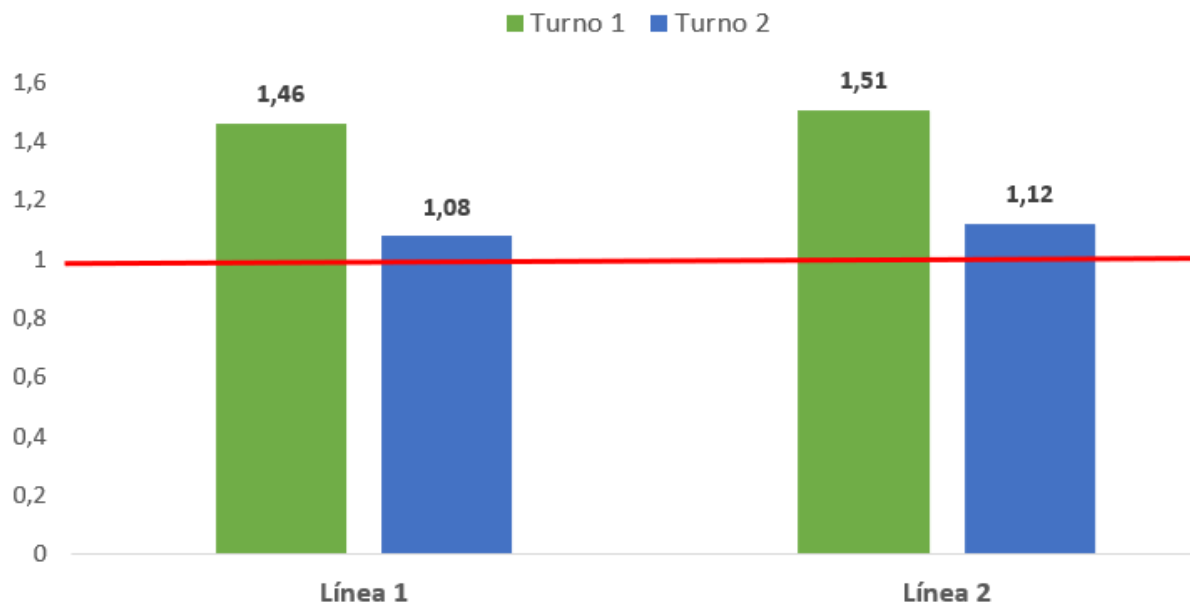
2.1.2.3 Estratificación

Figura 12

Estratificación por líneas



El análisis comparativo de las tasas de distribución entre las líneas de producción. Estos resultados muestran que Línea 1 ($Y = 1,18$) y Línea 2 ($Y = 1,26$) si superan el valor del umbral de equilibrio la cual $Y = 1$, lo que indica que la producción supera la capacidad de evacuación de pallets y genera acumulación. En contraste la línea 3 ($Y = 0,80$) y línea 4 ($Y = 0,70$) se ubican por debajo del umbral, indicando una mayor eficiencia de transporte con menor riesgo de congestión. Esta estratificación facilita la identificación de áreas críticas del proceso para definir acciones correctivas diferenciadas.

Figura 13*Estratificación por turnos*

El análisis de estratificación por turnos permitió identificar diferencias significativas en el comportamiento logístico de las líneas producción evaluadas. Turno 1 en ambas líneas: 1,46 en la línea 1 y 1,51 en la línea 2; en contraste el turno 2 presentó tasas más bajas (1.08 y 1.12) respectivamente. Este contraste evidencia las posibles diferencias estructurales entre ambos turnos, como variación en las asignaciones de recursos o nivel de eficiencia operativa.

Para determinar el número de observaciones para el estudio de tiempos, como parte de medir dentro de la metodología Six Sigma DMAIC, se llevó a cabo un estudio estadístico para así fijar un número óptimo de observaciones requeridas para el análisis de tiempos dentro del proceso. El objetivo es garantizar la confiabilidad de los datos escrutados para así evaluar la acumulación de pallets. Para este fin, se ejecutó inicialmente una prueba piloto de 25

observaciones y a partir de esa muestra se calcularon los siguientes parámetros para aplicar en la siguiente formula.

$$n = \left(\frac{ts}{kx}\right)^2 \quad (1.4)$$

Donde:

T: Valor de Student (2,064), correspondiente a un nivel de confianza del 95%

s: Desviación estándar de la muestra (0,0442)

k: Margen de error aceptable del promedio (5%)

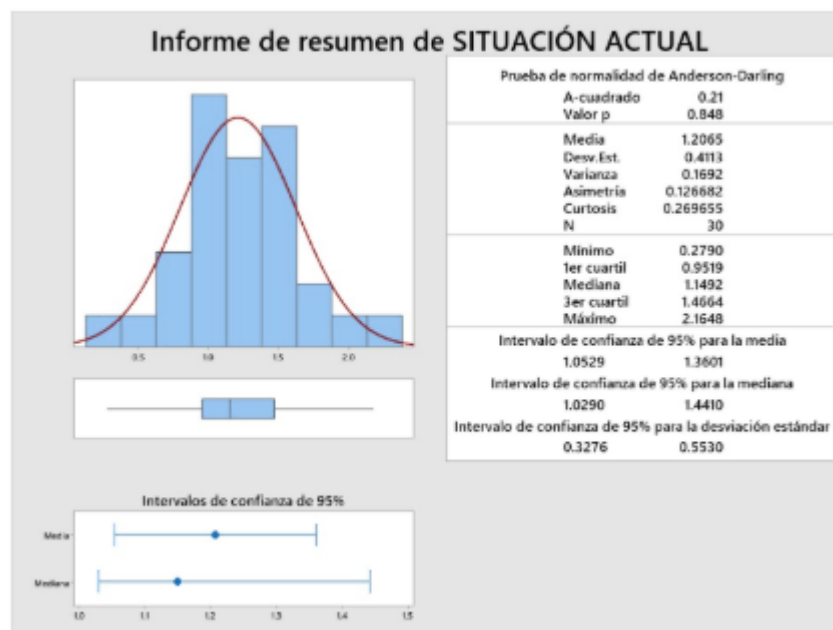
x: Media muestral (1,399)

Una vez realizado el cálculo se determinó el número mínimo de observaciones requeridas son aproximadamente 171 muestras, este tamaño muestral permiten la evaluación solida de desempeño logístico.

2.1.2.4 Prueba de normalidad.

Figura 14

Prueba de normalidad de Anderson – Darling líneas juntas

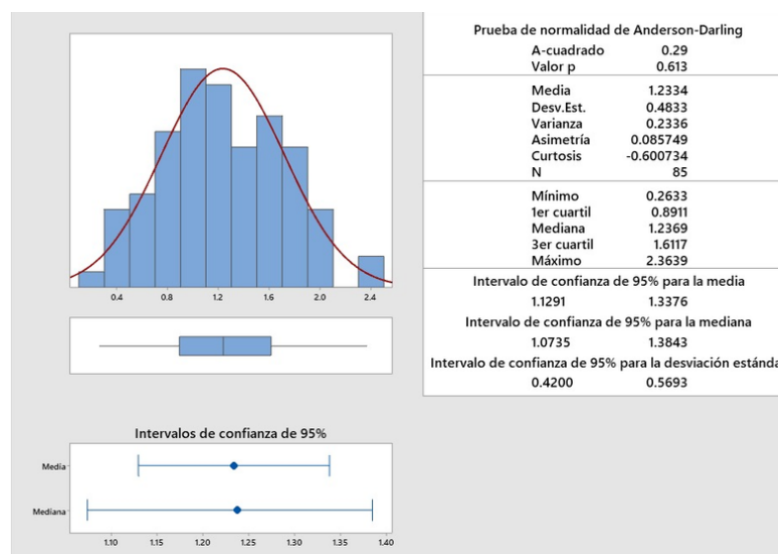


La figura 16 representa un histograma de frecuencia de la variable tasa de distribución, acompañado de la curva de normal de distribución. El análisis estadístico realizado con la prueba de Anderson – Darling muestra un valor de p de 0,848, esto indica que no se rechaza la hipótesis de normalidad, lo que permite validar que los datos si presentan un comportamiento estadísticamente normal.

La media es 1,2065 y la desviación estándar es de 0,4113, demuestra moderadamente centrados alrededor del promedio. Además, la asimetría (0.1267) y la curtosis (0.2696) que lo muestra ligeramente asimétrica pero cercana a la normalidad, lo cual se observa en la forma simétrica del gráfico.

Figura 15

Prueba de normalidad de Línea 1 Anderson - Darling

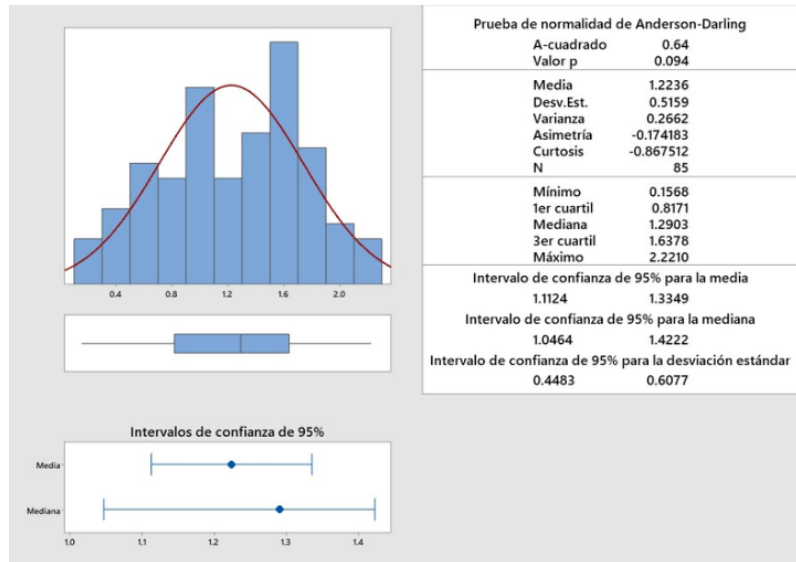


Dentro de la validación estadística de la tasa de distribución en la línea 1 se desarrolló un estudio de normalidad aplicado, se obtuvo un valor de p de 0.613, superior al umbral de significancia establecido en 0.05, lo que indica que los datos presentan un comportamiento ajustado de la distribución normal lo que respalda de muestra y garantiza fiabilidad, con una

media de 1.233 y desviación estándar de 0.2833, arroja valores que están dentro de una dispersión controlada.

Figura 16

Prueba de normalidad de Línea 2 Anderson- Darling



Es resultado de homogeneidad y confiabilidad de la muestra con un valor de p de 0.094, superior al umbral de significancia de 0,05; una media de 1.223 y desviación estándar de 0.051 indica una dispersión moderada. Adicional tiene la similitud entre la media y la mediana y esto confirma la estabilidad de los datos en el rango de 1.1 a 1.3.

2.1.2.5 Análisis de estabilidad

Figura 17

Análisis de estabilidad



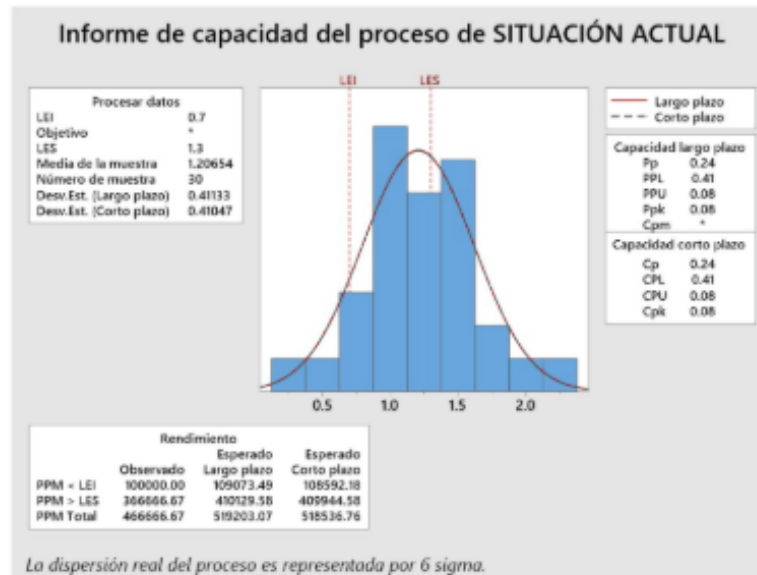
Los resultados demuestran que el proceso es estable y no se identificaron puntos fuera de control. La media de producción es 1.0065 pallets por hora con dispersión controlada con una desviación estándar de 0.475.

Los límites de control ($LCI = -0.03$, $LCS = 2.607$) se refiere a los datos se mantienen dentro de rangos aceptables y el rango promedio de variación por hora 0,515 ubicados entre rangos controlados y respalda la operatividad estable.

2.1.2.6 Análisis de Capacidad por líneas

Figura 18

Análisis de capacidad



En este proceso el análisis de capacidad presenta una capacidad baja de $C_p = 0.24$, lo que refleja una desalineación significativa respecto al límite superior de especificación ($LES = 1.3$) y un C_{pk} de 0.08, lo cual hace referencia a que se exceden los valores tolerables definidos.

2.1.2.7 Problema enfocado

Figura 19

Técnica de 5W+1H

¿QUE?	¿POR QUÉ?	¿DONDE?	¿CUANDO?	¿QUIÉN?	¿CÓMO?
Acumulación excesiva de palets en el sistema	Porque las líneas de producción (1 y 2) están operando a una velocidad más alta de la que el sistema de transporte interno puede manejar (relación de salida/entrada $Y > 1$)	En las líneas de producción 1 y 2 dentro del área de fabricación.	Durante el turno 1	Operadores de producción, personal de logística interna y supervisores de turno.	La tasa de distribución promedio de 1.20 indica una acumulación excesiva de palets. Esto excede el objetivo mínimo de 1, causando cuellos de botella y una menor eficiencia logística.

Nota: El problema se enfocó en el primer turno de ambas líneas.

Se estructuró el problema identificado con la metodología 5W + 1H

Esta metodología permitió caracterizar con mayor precisión una de las causas que genera las acumulaciones de los pallets y delimitar el problema a través de cinco dimensiones claves. Se identificó que las acumulaciones se manifiestan en la salida de las líneas de producción y zonas de tránsito mayormente en el primer turno de 12 horas de 7am a 7pm, como resultado de una tasa de producción que supera la capacidad logística de transporte hacia almacenaje, la cual se busca reducir el 15% de la tasa de distribución.

2.1.3 Análisis

2.1.3.1 Lluvia de ideas

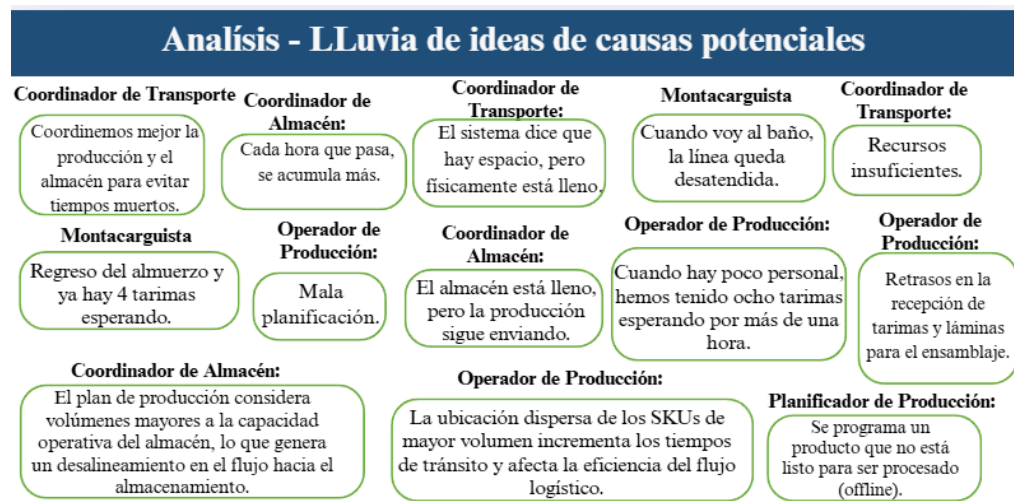
Se realizó una sesión de lluvia de ideas con personales claves de producción, transporte y almacenamiento, con el objetivo de encontrar los principales factores que contribuyen a las acumulaciones y a partir de las recepciones por los colaboradores, montacargas, operadores y planeadores, se detectaron diversas problemáticas que afectan el flujo operativo.

- Descoordinación entre áreas: Se evidenció falta de comunicación y alineación entre producción, planeamiento y logística.
- Limitaciones físicas y de sistema: Se reportó desajuste entre la información del sistema (espacio disponible) y la realidad física de almacén, ocasionando decisiones erróneas.
- Recursos humanos insuficientes: Menciones reiteradas sobre tiempos críticos sin personal disponible y relevos como idas al baño o almuerzos afectando así la continuidad del flujo.

- Planeación deficiente: Se señaló que la sobreproducción y el envío de planes demasiados pallets por turno generan congestión y bloqueos en los pasillos operativos.
- Desbalance entre tasa de producción y transporte: Se identificó que al aumentar la tasa de producción sin incrementar la capacidad logística.

Figura 20

Técnica de lluvia de ideas



Nota: Información obtenida por medio de entrevistas a los clientes dentro del proyecto.

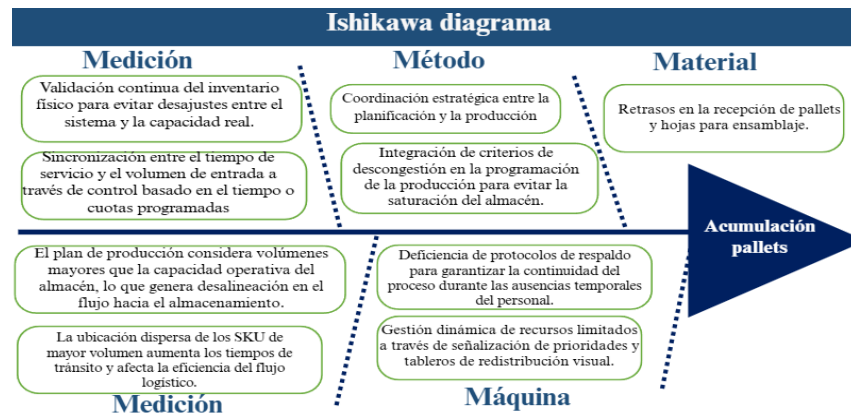
2.1.3.2 Diagrama de Ishikawa.

Como principal problema se da la acumulación de pallets en la planta de producción y estas se categorizan en 4 dimensiones operativas como lo es máquina, método, material y medida. A través de este análisis se logran sintetizar las causas más relevantes que van desde la falta

De coordinación estratégica y protocolos operativos, hasta desajustes en indicadores logísticos adicional de las oportunidades de rediseño en procesos críticos para la sincronización entre varias áreas.

Figura 21

Técnica de diagrama de Ishikawa



2.1.3.3 Matriz de priorización

Se llevo a cabo una entrevista con los principales clientes estratégicos, con el objetivo de establecer un grado de impacto con las causas con mayor grado de prioridad. Para este proceso se usó como referencia la Tabla en la cual se detalla las ponderaciones y la escala de los puntajes utilizados para la evaluación.

Figura 22

Matriz de priorización para las posibles causas

X	Causa-Efecto Matriz	Consecuencia del proceso	Categoría	Montacarguista a Operator	Operador de producción	Coordinador de bodega	Planificador de producción	Planificador de distribución	Media
x1	Producción impulsada por cuotas independiente de la capacidad de respuesta de la siguiente parte del proceso.	Acumulación de inventario en proceso y tiempo de inactividad entre áreas	Medición	3	3	9	9	3	4,20
x2	El plan de producción para el turno 1 comienza sin verificar el espacio disponible en el almacén.	Congestión de flujo, cuellos de botella y retrasos en el almacenamiento	Medición	3	9	3	9	9	6,60
x3	Los SKU de mayor volumen se almacenan en ubicaciones distantes y dispersas, lo que requiere mayores tiempos de tránsito.	Mayor tiempo de viaje y menor eficiencia en los movimientos	Medición	9	3	9	3	9	6,60
x4	Implementación de protocolos de respaldo para mantener la continuidad del proceso en caso de ausencias temporales.	Bloqueo de rutas internas y pérdida de fluidez en las operaciones	Método	3	3	9	9	3	4,20
x5	Fluctuaciones en la recepción de materias primas como pallets y planchas	Riesgo de saturación si no se actualiza en tiempo real	Método	3	3	9	9	3	4,20
x6	El operador de carretilla elevadora obstruye el área de tránsito al dejar pallets allí en lugar de transportarlos completamente al almacén.	Interrupciones en la producción debido a la falta de espacio, necesidad de reprocesar o mover el producto terminado fuera de secuencia.	Material	9	3	3	3	3	4,20

Tabla 1.*Ponderación- Matriz priorización*

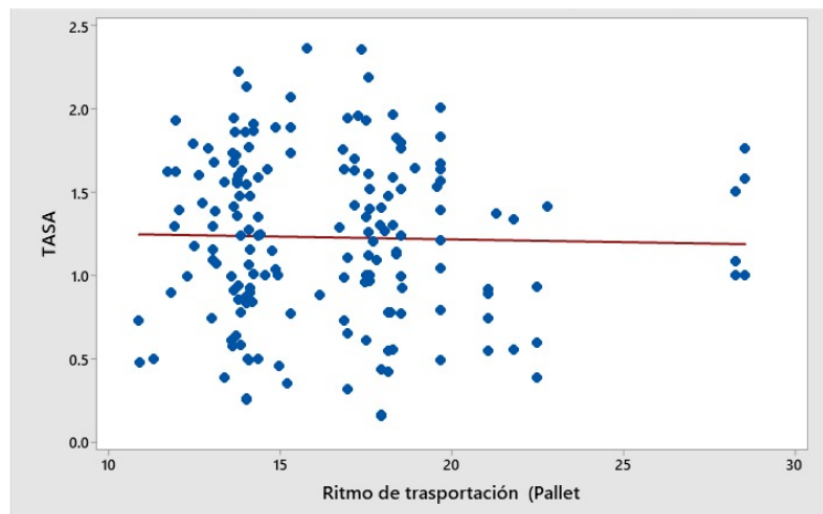
<i>Ponderación</i>	<i>Puntaje</i>
<i>Alta</i>	<i>9</i>
<i>Media</i>	<i>3</i>
<i>Baja</i>	<i>0</i>

2.1.3.4 Selección de causas potenciales

El análisis se centrará en las dos causas identificadas como críticas, por su mayor impacto y trascendencia respecto a las demás, a partir de la suma de las ponderaciones asignadas a cada causa.

2.1.3.5 Verificación de causas

Causa Potencial: X2 El plan de producción para el turno 1 comienza sin verificar el espacio disponible en el almacén al inicio del turno 1.

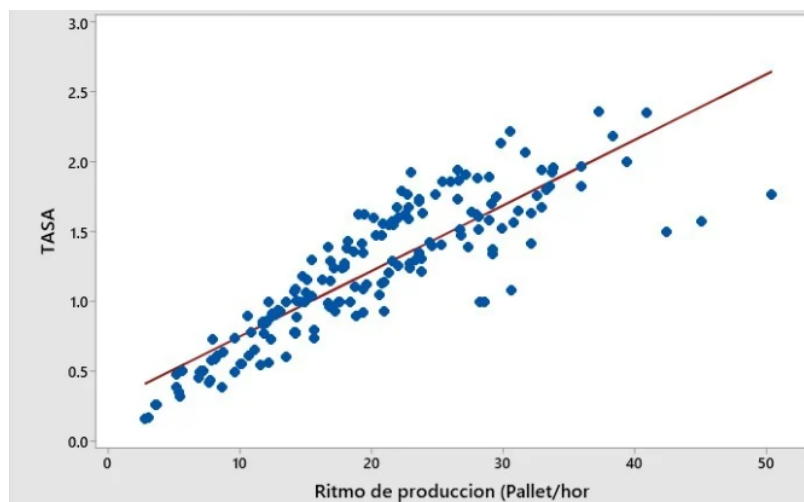
Figura 23*Desequilibrio entre la tasa de producción analizada y la capacidad de almacenamiento del almacén*

No se identifica una relación significativa entre la tasa de producción analizada y la capacidad de almacenamiento del almacén.

Causa Potencial: X3 Los SKU de mayor volumen se almacenan en ubicaciones distantes y dispersas, lo que requiere mayores tiempos de tránsito.

Figura 24

Desequilibrio entre la tasa de producción analizada y la capacidad de almacenamiento del almacén



La figura 25 presenta un análisis de expresa cuanto mayor sea la distancia del almacén, más largo será el tiempo de almacenamiento; tiene una influencia directa en ello. A través del grafico de dispersión se observa una relación directamente proporcional: conforme se incrementa el ritmo de producción, también aumenta la tasa de distribución.

2.1.3.6 Análisis de los 5 porque`s

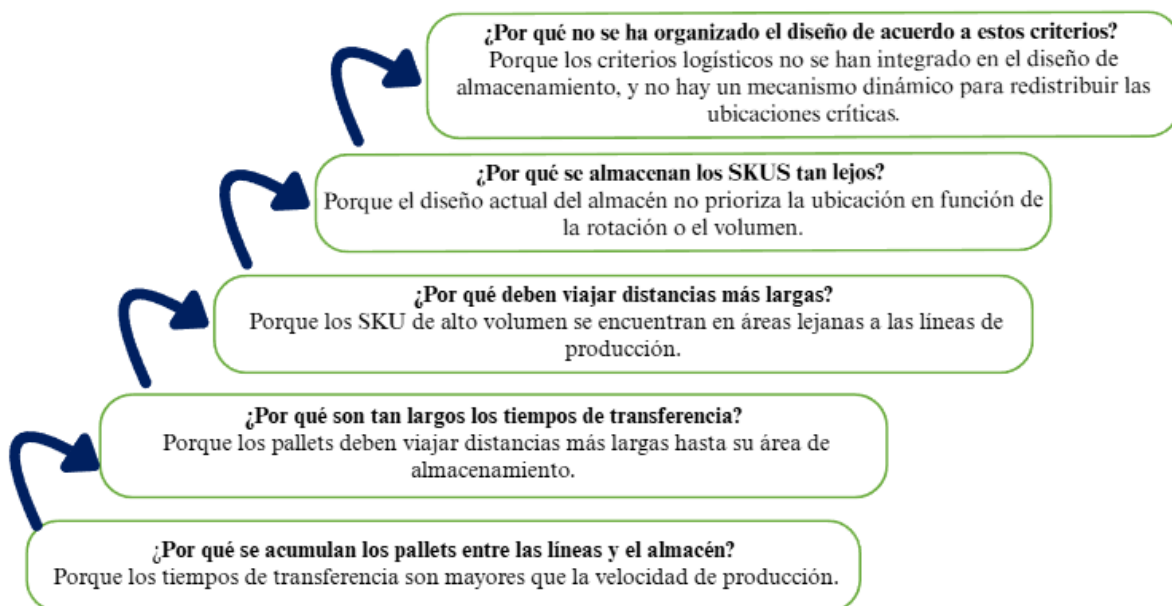
Utilizando la técnica de los "5 Porqués", se realizó un análisis secuencial para identificar las causas estructurales del problema de retraso de pallets en las líneas de salida de pallets y zonas de tránsito. El proceso reveló que la causa raíz no se limita a un aumento en las tasas de producción,

sino que está directamente relacionada con la falta de mecanismos adaptativos dentro del sistema logístico. Este opera sin integración dinámica con las tasas de producción ni herramientas de visibilidad en tiempo real.

La falta de coordinación tecnológica entre las áreas operativas impide una gestión sincronizada y basada en datos, generando desajustes críticos que afectan la eficiencia. Esta estructura causal requiere la implementación de estrategias de gestión basadas en proyectos destinadas a rediseñar los procesos interdepartamentales, integrar soluciones tecnológicas escalables y desarrollar modelos de planificación operativa capaces de responder rápidamente a las fluctuaciones de la producción.

Figura 25

Técnica de 5 por qué's



2.1.4 Mejora

Los skus de mayor volumen se almacenan en ubicaciones distantes y dispersas, lo que requiere mayores tiempos de tránsito.

Con el fin de reducir 15% o más la tasa de distribución se diseñó un conjunto de estrategias orientadas a fortalecer la capacidad logística y con esto reducir la acumulación de pal

S1. Aumentar el peso/aumentar la densidad del pallet.

S2. Implementar paneles visuales del estado del proceso

S3. Actualizar el manual de procedimientos

S4. Mejorar la coordinación entre áreas

S5. Aumentar los niveles en el área de preembarque

S6. Implementar kpis compartidos entre áreas

S7. Optimización de rutas desde la producción hasta el almacén

S8. Aplicar lean manufacturing (5s)

S9. Establecer zonas de amortiguamiento

2.1.4.1 Descripción de las soluciones potenciales

Con ayuda del cliente clave, se detallaron con mayor precisión los aspectos de cada solución evaluando la solución con su respectiva descripción e impacto, para posteriormente acorde con la evaluación realizada, ubicarlas en nuestra matriz de impacto-esfuerzo.

Tabla 2

Descripción de soluciones

	Solución	Descripción	Impacto
S1	Aumentar el peso/aumentar la densidad del pallet.	Esta solución consiste en desarrollar un modelo matemático para optimizar las rutas de los transportadores internos (montacargas) entre el área de producción y el almacén. El modelo minimiza la distancia total o el tiempo dedicado al transporte, mejorando la eficiencia.	Permite simulaciones con diferentes escenarios
S2.	Implementar paneles visuales del estado del proceso.	Esta solución utiliza paneles visuales en tiempo real (por ejemplo, Power BI o pantallas de televisión) para monitorear el flujo	Aumenta la visibilidad operativa, permite decisiones más rápidas y

de pallets y otras operaciones reduce el tiempo de logísticas. Aumenta la visibilidad reacción.

operativa, lo que permite decisiones más rápidas y reduce los tiempos de reacción al proporcionar a los equipos acceso inmediato a las actualizaciones del estado del proceso.

S3 Actualizar el manual de procedimientos Esta solución implica revisar y actualizar el manual de procedimientos para reflejar las prácticas operativas actuales. Al mejorar y estandarizar los procesos, se apoyan las auditorías y se minimizan los errores, al tiempo que se proporciona una guía clara para el personal. Mejora la eficiencia operativa, estandariza las tareas, facilita las auditorías y reduce errores.

S4 Mejorar la coordinación entre áreas Las reuniones diarias de pie entre áreas clave (producción, almacén, logística) ayudan a reducir la acumulación de pallets en zonas transitadas de las líneas 1 y 2. Reduce los tiempos de respuesta a eventos imprevistos o cambios de programación.

			Mejoran la coordinación y permiten responder rápido a cambios o retrasos, evitando congestiones y mejorando el flujo de materiales.	
--	--	--	---	--

S5	Aumentar los niveles en el área de preembarque.	Aumentar el almacenamiento vertical en el área de preembarque al añadir niveles extra mejora la eficiencia del espacio. Esto permite una mejor organización y clasificación de productos por destino, transportista o urgencia, agilizando el proceso de embalaje y envío.	Facilita la clasificación de productos al permitir la segmentación por destino, transportista o urgencia de envío.
-----------	---	--	--

S6	Implementar kpis compartidos entre áreas.	Esta solución implica establecer kpis compartidos en la planificación, producción y despacho. Alinear estas métricas asegura que los equipos trabajen hacia metas comunes, mejorando la adherencia a los cronogramas y reduciendo errores en toda la cadena de suministro.	Mejoran la adherencia al plan y reducen el tiempo y los errores en la producción y el envío.
-----------	---	--	--

S7	Optimización de rutas desde la producción hasta el almacén	Esta solución agrega un nivel extra para aumentar la capacidad de carga vertical y utiliza una configuración combinada de cinturones de capa y niveles adicionales para mejorar la densidad de los pallets. Esto mejora la eficiencia de almacenamiento y reduce el número de movimientos necesarios para transportar el mismo volumen de producto.	Reduce el número total de movimientos requeridos para transportar el mismo volumen de producto.
S8	Aplicar lean manufacturing (5s)	Esta solución se centra en organizar el diseño de la operación para seguir un orden y estandarización, desde la recepción hasta el despacho. Al optimizar el flujo de trabajo, las tareas y los recursos pueden ser reorganizados para ajustarse mejor a las necesidades operativas reales.	Reorganizar tareas y recursos de acuerdo con las necesidades reales. Realizar auditorías 5S
S9	Establecer zonas de amortiguamiento	Se crean zonas de amortiguamiento para absorber picos de carga de trabajo o desequilibrios entre los	Mayor estabilidad en el flujo de trabajo al desacoplar procesos que

procesos logísticos. Esto ayuda a operar a diferentes velocidades.

al desacoplar procesos que operan a diferentes velocidades, mejorando así la estabilidad general.

Nota: Tabla elaborada en colaboración con el cliente clave.

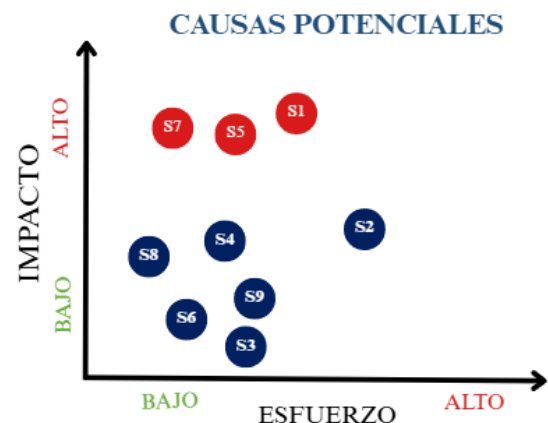
2.1.4.2 Matriz Impacto-Esfuerzo de las soluciones potenciales

Utilizando la matriz Impacto-Esfuerzo para categorizar las soluciones propuestas, se realizó un análisis de selección de soluciones centrado en elegir soluciones de alto impacto y bajo esfuerzo, en este caso las seleccionadas fueron Optimización de rutas desde la producción hasta el almacén, Aumentar los niveles en el área de preembarque y Aumentar el peso/aumentar la densidad del pallet. Sin embargo, las soluciones propuestas que no forman parte de alto impacto bajo esfuerzo, para posteriormente realizar un análisis de costos.

Figura 26

Matriz causa- efecto

- S1. Aumentar el peso/aumentar la densidad del pallet.
- S2. Implementar paneles visuales del estado del proceso.
- S3. Actualizar el manual de procedimientos
- S4. Mejorar la coordinación entre áreas
- S5. Aumentar los niveles en el área de pre-embarque
- S6. Implementar KPIs compartidos entre áreas.
- S7. Optimización de rutas desde la producción hasta el almacén.
- S8. Aplicar lógica lean
- S9. Establecer zonas de amortiguamiento



2.1.4.3 Análisis financiero de las soluciones potenciales

El análisis financiero, fue importante para la selección final, ya que fue realizado posterior al análisis con matriz esfuerzo- dificultad en la que obtuvimos la selección de S1, S5 y S7 , para escoger las soluciones a llevar acabo para nuestra problemática, evaluando los días de implementación, costo de materiales, costo de implementación , y finalmente , el costo total, En este caso las soluciones tienen un costo tal de 0 a excepción de la solución 2, Implementar tableros visuales del estado del proceso, con un valor total de \$2700.

Tabla 3

Descripción de soluciones

	Solución	Implementación	Costo de	Costo de	Costo
		(Días)	materiales	implementación	total (\$)
			(\$)	(\$)	
S1	Aumentar el peso/aumentar la densidad del pallet.	30-90	\$0	\$0	250
S2.	Implementar paneles visuales del estado del proceso.	3-7	\$1200 - \$2500	\$200	\$2700
S3	Actualizar el manual de procedimientos	10-30	\$0 (word)	\$0	\$0

S4	Mejorar la coordinación entre áreas	3-5	\$0	\$0	\$0
S5	Aumentar los niveles en el área de pre-embarque	10-30	\$3360 (área de calidad)	\$0	\$3360
S6	Implementar KPIs compartidos entre áreas.	3-5	\$0	\$0	\$0
S7	Optimización de rutas desde la producción hasta el almacén.	30-60	\$0 (GAMS)	\$100	\$100
S8	Aplicar lógica lean	5-10	\$0	\$0	\$0
S9	Establecer zonas de amortiguamiento	30-45	\$0	\$0	\$0

2.1.4.4 Matriz de priorización de las soluciones potenciales.

Los análisis previos facilitaron la elaboración de la matriz de priorización, herramienta que permitió evaluar y comparar las soluciones potenciales. De esta forma, se confirmó que las soluciones S1, S5, y S7 eran las más óptimas acorde a la clasificación en la matriz de priorización por su alto impacto, bajo esfuerzo y bajo costo.

Se definió como valores a obteniendo como resultado total de 17, para las 3 soluciones anteriormente mencionadas, en la figura podrán ser observadas, resaltadas en negrita.

Figura 27

Matriz de priorización causas 1-5

	SOLUCIONES	IMPACTO	ESFUERZO	COSTO	TOTAL
Peso: 3 Bajo	S1. Aumentar el peso/densidad del palé	7	7	3	17
Peso: 5 Medio	S2. Implementar paneles visuales del estado del proceso.	5	3	5	13
	S3. Actualiza el manual de procedimientos	3	3	3	9
Peso: 7 Alto	S4. Mejorar la coordinación entre áreas	3	3	3	9
	S5. Aumentar los niveles en el área de pre- envío	7	7	3	17

Figura 28*Matriz de priorización causas 6-9*

	SOLUCIONES	IMPACTO	EFFORT	COST	TOTAL
Peso: 3 Bajo	S6. Implementar KPIs compartidos entre departamentos.	3	3	3	9
Peso: 5 Medio	S7. Optimización de rutas de producción a almacén	7	7	3	17
	S8. Aplica la lógica lean.	3	3	3	9
Peso: 7 Alto	S9. Establecer zonas de amortiguamiento.	3	3	3	9

Con el objetivo de mejorar la eficiencia del flujo de materiales en la planta, se propuso la optimización de las rutas desde el área de producción hasta el almacén. Para ello, se siguió una metodología estructurada basada en modelos matemáticos de optimización de redes. Esta propuesta busca disminuir los tiempos de traslado, reducir costos operativos y mejorar la seguridad, de forma que se alinea con los principios de manufactura esbelta.

2.1.4.5 Soluciones seleccionadas

Solución1. Aumento de peso y densidad del pallet

Con el objetivo de optimizar el uso del espacio en la bodega y disminuir los movimientos del montacarga, se propuso una mejora en la redistribución de las cajas sobre los pallets, trabajaban con 175 cajas por pallet, y nuestra mejora fue aumentarlo a 200 cajas por pallet. Esta medida se basa en un análisis técnico de dimensiones y simulaciones de distribución, permitiendo una mayor eficiencia en la logística interna y una disminución de costos operativos. El estudio para las pruebas fue realizado en Excel. En formato de 300 ml y 400 ml.

Proceso metodológico:

1. Análisis de dimensiones y ensamble de cajas: Se analizaron las medidas de las cajas para identificar posibles mejoras en el patrón de apilado.
2. Simulación de distribución de cajas: Se realizaron pruebas virtuales para determinar la forma más eficiente de ubicar las cajas sobre el pallet.
3. Incremento en el número de cajas por pallet: Se logró aumentar la cantidad de cajas por pallet sin comprometer la estabilidad.
4. Pruebas y monitoreo: Se realizaron pruebas físicas para validar la viabilidad de la nueva configuración, asegurando el cumplimiento de estándares de seguridad y operatividad.

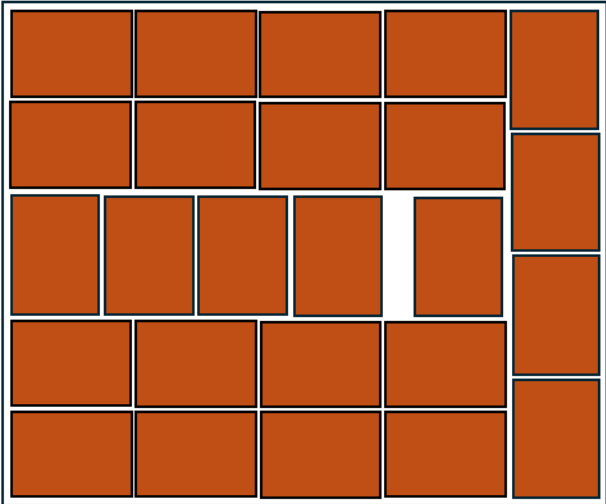
Se obtuvieron beneficios como mejor aprovechamiento del espacio en almacén, reducción en la cantidad de pallets necesarios, disminución de movimientos de montacargas y reducción de costos y mejora en la redistribución de recursos.

Se realizó un análisis de las dimensiones físicas tanto del pallet como de las cajas, así como de la configuración del armado final. Esta evaluación permite mejorar el aprovechamiento del espacio y aumentar la eficiencia logística en el almacenamiento y transporte de productos.

Figura 29

Análisis de medidas de cajas, pallet y cantidad de cajas por armado

Pallet	
Ancho	100 cm
Largo	120 cm
Alto	14 cm
Caja	
Ancho	16 cm
Largo	22 cm
Altura	20 cm
Peso	5,4 kg
Armado	
Camas	8 u
Cajas x Cama	25 cf
Cajas Total	200 cf
Peso Total	1080 kg
Altura total	160 cm
Altura con pallet	174 cm
Peso con pallet	1100 Kg



Con la que pudimos evaluar que cambiando la ubicación de ciertas cajas se aprovechan a su totalidad la capacidad del pallet, ya que la evaluación realizada en Excel de las dimensiones de pallet, caja, y armado permitió conocer que, en lugar de ubicar 175 cajas por pallet, podemos ubicar 200 cajas por pallet, esto mejoraría la eficiencia.

Figura 30

Propuesta de aumentar de 175 cajas por pallet a 200 cajas por pallet

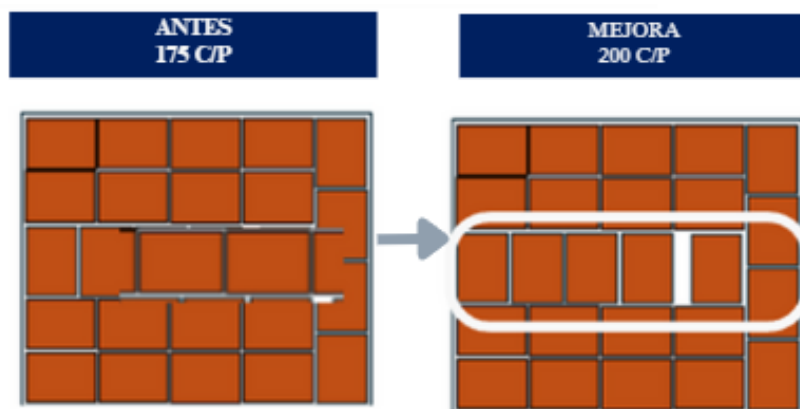
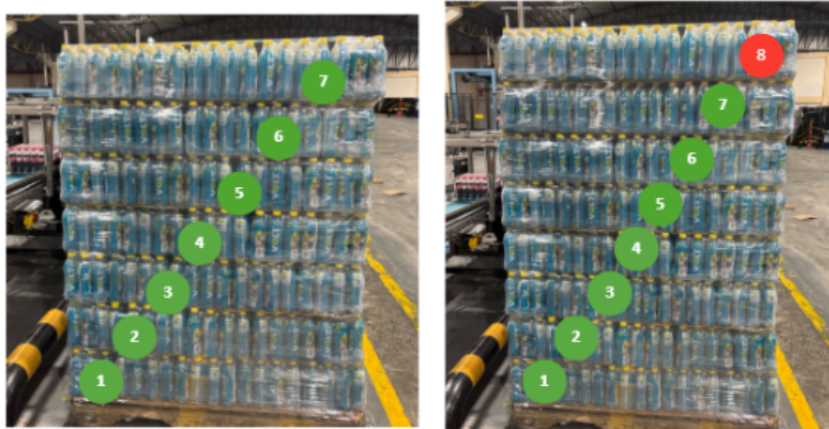


Figura 32*Nivel 8 aumentado*

Solución 5: Incrementar niveles en el área de preembarque para optimizar el almacenamiento y despacho

Una de las problemáticas identificadas en el área de preembarque fue la saturación del espacio disponible, ya que los productos que estaban para su despacho se ubicaban directamente sobre el piso, lo cual generaba desorden, lentitud en la preparación de pedidos y riesgos en enviar productos que no cumplen con los estándares de calidad.

Como solución se propuso la implementación de niveles adicionales de almacenamiento que permiten organizar de manera más eficiente,

El proceso metodológico fue el siguiente:

Habilitación de niveles adicionales: Se diseñaron estructuras

Clasificación y control visual:

Aplicación de criterios FIFO/FEFO: De esta forma, mantenemos la trazabilidad y asegura la rotación de inventario, se establecieron criterios de despacho según la antigüedad del producto o su fecha de expiración.

Capacitación al personal: Sesiones de capacitación para los operadores sobre los criterios de liberación, manejo de productos y trazabilidad.

Con los cuales se obtuvo la reducción de la congestión en el área de preembarque, mejora la trazabilidad y cumplimiento de criterios de calidad, agilización en los procesos de despacho, y mayor aprovechamiento del espacio físico mediante apilamiento controlado. Utilizando Excel.

Figura 31

Propuesta de ubicar 1 nivel adicional para mejorar el almacenamiento



Solución 7. Optimización de ruta desde producción hasta almacén

El proceso metodológico se describe:

1. Definir el objetivo del modelado: Determinar cómo optimizar las rutas internas de transporte de materiales entre producción y almacén.

Investigar modelos matemáticos aplicables: Se revisaron modelos basados en flujo de redes, programación lineal y optimización combinatoria.

Describir cada modelo, incluyendo ventajas y desventajas: Se analizaron criterios como factibilidad de implementación, precisión, requerimientos computacionales, y flexibilidad.

Diseñar una tabla comparativa basada en criterios de evaluación: Se compararon los modelos seleccionados para determinar cuál se ajustaba mejor al contexto de estudio. Construir una matriz y seleccionar el modelo más adecuado

Se aplicó un análisis multicriterio para definir el modelo óptimo.

Elaborar el modelo matemático en GAMS: Realizado con el software GAMS (General Algebraic Modeling System) para implementar el modelo de flujo en red.

Con los cuales se obtuvo el rediseño del layout y la optimización de rutas permiten mejorar el flujo de materiales, reducir rutas innecesarias y a su vez mejorar la seguridad de todos los operarios de la planta. Teniendo como resultado una reducción de los tiempos y costos operativos, un aumento en la productividad y un soporte integral a la eficiencia del proyecto, siguiendo los principios Lean.

Se realizó una evaluación en una matriz comparativa en los que se detallaron la descripción, ventajas y desventajas, como se mencionó antes, con el fin de seleccionar el mejor modelo para nuestra problemática, en este caso se llegó a la selección del modelo matemático Modelo de flujo en red, a continuación:

Figura 32*Matriz comparativa*

MODELOS MATEMÁTICOS	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Programación lineal (PL)	Optimiza una función lineal sujeta a restricciones lineales	Sencilla, rápida, ideal para variables continuas.	No maneja decisiones binarias ni selección discrecional de rutas.
Ubicación de instalaciones	Determina la ubicación óptima de instalaciones en función de distancias y costos.	Minimiza los costos totales; útil en decisiones de localización.	Menor nivel de detalle en los flujos internos o rutas operativas.
Modelos de flujo en Red	Modelan los flujos entre nodos (producción, rutas, almacenes) con restricciones y costos.	Manejan múltiples rutas, volúmenes, capacidades; son escalables y adaptables.	Requieren una estructura de red clara; pueden necesitar mayor cantidad de datos.
Modelo de asignación	Este modelo de asignación se centra en minimizar el tiempo necesario para almacenar un solo palé en un almacén o centro de distribución.	Reduce retrasos y acelera las operaciones de almacenamiento.	Requiere estimaciones de tiempo precisas" Complejidad en entornos dinámicos:

Modelo de asignación*1. Definición de conjuntos:* *p_j : Conjunto de Skus (productos) a asignar, $\{531234, 53452, 500010, n\}$* *$b_j$: Conjuntos de bodegas disponibles $\{b1, b2, b3, b4\}$* *2. Parámetros:* *$Cant_{p_i}$: Cantidad de pallets de cada SKU p_i .* *Cb_{b_j} : Capacidad máxima de pallets que puede recibir la bodega b_j* *$Ind_{(p_i, b_j)}$: Indica si el sku p_i puede ser almacenado en la bodega b_j .* *$DistB_{b_j}$: Tiempo en minutos desde el origen hasta la bodega b_j .**3. Variables:* *V_{p_i} : Volumen del pallet p_i , en m^3 .*

Cbj: Capacidad disponible en el almacén *bj*, expresada en volumen.

Drb: Distancia desde la ruta *rk* hasta el almacén *bj*.

Tkrb: Tiempo estimado de viaje en la ruta *rk* hasta el almacén *bj*.

Ind: Indicador de compatibilidad binaria entre el pallet *pi* y el almacén *bj*, 1 si el pallet *pi* es compatible con el almacén *bj*.

$$Ind(pi,bj) = \begin{cases} 1, & \text{Si el pallet } pi \text{ es compatible con bodega } bj \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases}$$

Variable decisión

$x_{pi,bj} \geq 0$ y total - cantidad de palets del SKU *PI* asignados al almacén *BJ*.

Z Tiempo total recorrido (min*pallets) a minimizar.

Función objetivo:

$$\min \sum_{pi} \sum_{bj} DistB_{bj} * x_{pi,bj}$$

Restricciones:

1. *Capacidad de la bodega*:

$$\sum_{pi} x_{pi,bj} \leq C_{bj} \quad \forall bj$$

La bodega no puede recibir un volumen total mayor a la capacidad disponible.

2. *Compatibilidad entre pallets y bodegas*

$$x_{pi,bj} \leq Ind_{(pi,bj)} * Cant\ Pallets_{pi} \quad \forall pi, \forall bj$$

Cada pallet puede solo ser enviado a una bodega si ellos son compatibles en volumen del producto permitido.

3. *Asignación de pallet:*

$$\sum_{bj} x_{pi,bj} = Cant\ Pallets_{pi} \quad \forall pi$$

La suma de los SKU pi enviados a cada almacén bj debe ser igual al número total de paletas del SKU pi .

Capítulo 3

3. Resultados y análisis.

3.1. Resultados del aumento de densidad.

Hubo una reducción de la tasa de distribución de 1,20 a 1,11 lo que indica una mejor eficiencia logística. Por lo que se está distribuyendo más producto por pallet, pero con menor impacto relativo en espacio o recursos.

Figura 33

Comparación de la tasa de distribución de aumento de densidad

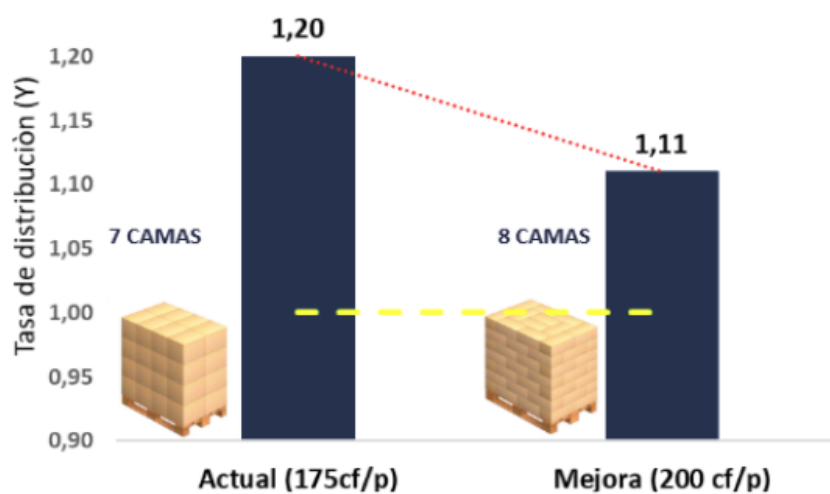


Figura 34

Cuadro comparativo de las posiciones ganadas y ahorros por viaje.

Semana	Pallets de 175 CF	Pallets de 200 CF	Posiciones Ganadas x 200 CF	Ahorro por Viaje X 200 CF	Posiciones Ganadas x 208 CF	Ahorro por Viaje X 208 CF
20	338	295	42	\$ 215,20	54	\$ 273,14
21	314	275	39	\$ 200,34	50	\$ 254,28
22	5	4	1	\$ 3,03	1	\$ 3,85
23	194	170	24	\$ 123,68	31	\$ 156,97
24	27	24	3	\$ 17,25	4	\$ 21,89
Total general	878	768	110	\$ 559,50	139,24	\$ 710,13

Al pasar de 175 cajas físicas por pallet a 200 cajas físicas por pallet se incrementó la capacidad del pallet en 14,3% y este cambio se logra añadiendo una capa adicional de 7 a 8, lo que optimiza el volumen del pallet de la bebida energizante de 400ml.

Se requirieron 768 pallets para transportar esa producción, esto resulto una ganancia de 110 posiciones (pallets disponibles almacenar) y el ahorro logístico total generado fue de \$559,50. Se demostró que la reducción de los 110 pallets representa una disminución del 12,5% en la cantidad de unidades a manipular y transportar lo cual genera mayor capacidad en los montacargas y reducción en la congestión en las salidas de las líneas de producción.

Si bien el escenario de 208 cajas físicas por pallet ofrecía un mayor potencial en ahorro económico (\$710,13), fue descartado por inestabilidad e inseguridad de carga que son de prioridad dentro de la empresa.

Figura 35

Pallet con la mejora enviado a las diferentes CEDIS

CEDIS	Pallet x 200 cajas	Pallet x 208 cajas	Administrador	Estado
Ambato	2		Jaime Yancha	Conforme
Quito Norte	2		Yiye Mendoza	Conforme
Quito Sur	1	1	Estefania Morales	No conforme
Manta	2		Edison Delgado	Conforme
Machala	2		Omar Agila	Conforme
Sto domingo	1	1	Liseth Ochoa	No conforme
Gye Norte	1		Raul Ronquillo	Conforme
Gye Sur	1		Raul Ronquillo	Conforme

Se envió los pallets con el aumento de densidad a los diferentes centros de distribución (CEDIS) y se brindó apoyo para el seguimiento del pallet durante su transporte y almacenamiento en las bodegas. El ensamblaje de 200 cajas por pallet no resultó inestable; el 75

% de los gerentes se mostró satisfecho. El apilamiento de 200 cajas por pallet no se vio afectado por el BPT ni la carbonatación, y el encapsulado fue correcto.

En conclusión, se analizó que la reducción de la tasa de distribución a 7,95% implica menos viajes, menos espacio en las bodegas y menor costo de transporte por pallet; lo cual reduce costos logísticas y mayor rotación del inventario disponible.

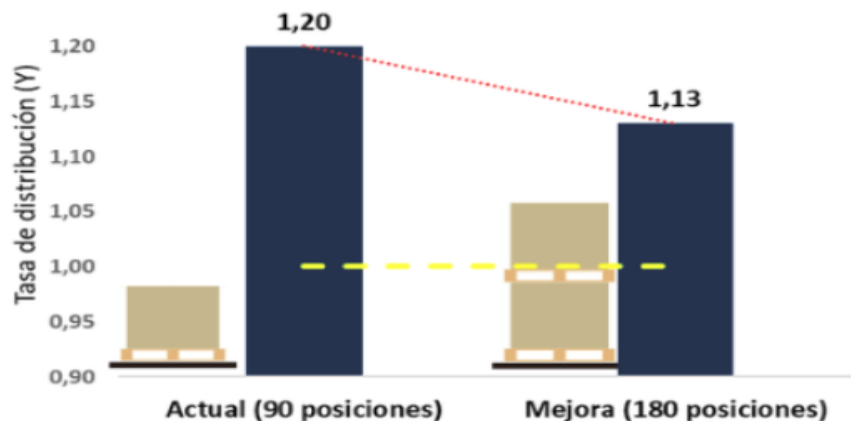
Una mejor utilización del espacio en el almacén reducirá el movimiento de montacargas. Tener menos pallets facilita la redistribución estratégica de los montacargas y reduce los costos logísticos.

3.2. Resultados del apilado de pallets en la bodega.

La tasa baja de 1,20 a 1,13 lo que representa una mejora del 5,83% esta disminución tiene como consecuencia mayor eficiencia en el uso de los recursos logísticos al almacenar más producto con menor impacto relativo. Al duplicar las posiciones de 90 a 180 implica la reconfiguración del layout o capacidad operativa.

Figura 36

Comparación de la tasa de distribución de apilamiento de pallets

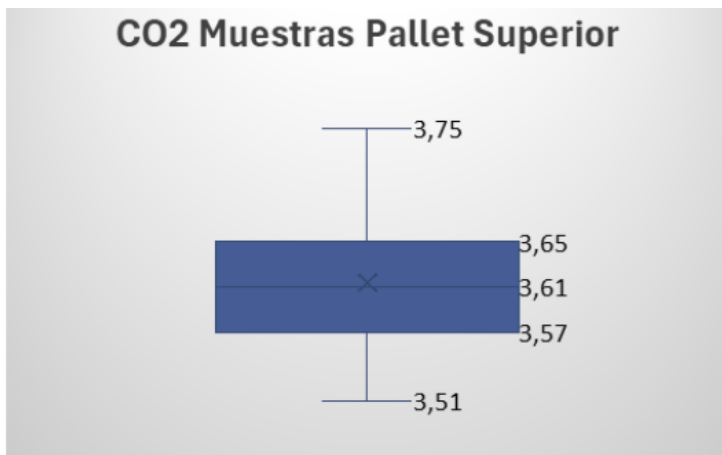


La implementación de la solución S5, el cual propone el apilamiento en doble nivel, lo cual hacer referencia a una configuración piramidal en la bodega de preembarque, necesita una validación de parte del área de calidad tanto en el pallet del piso como el pallet apilado.

Se realizo un estudio en los formatos de 300 y 400ml, apilados unicamente con el uso de dos láminas de cartón corrugado nuevo entre niveles. Adicional se realizó pruebas por volumen de carbonatación medido en las botellas de los pallets superiores e inferiores.

Figura 37

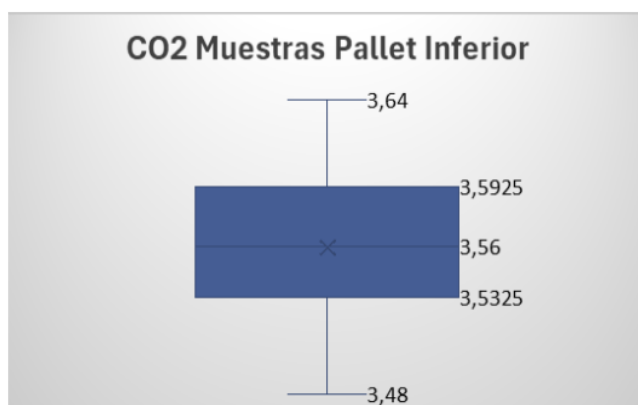
Muestras de pallet superior



La diferencia promedio de 0,05 de volumen de CO₂ entre pallets superiores e inferiores es estática y dentro del margen de error es aceptable y se encuentran entre las fluctuaciones normales del proceso. Se tomaron muestras representativas de múltiples puntos en pallet superior como inferior para registrar los valores de CO₂ para establecer un rango de pérdida (máxima, promedio y mínima).

Figura 38

Muestras de pallet inferior



La pérdida máxima registrada es de 0,11 volumen, este es un valor muy bajo que en su peor escenario no se ve comprometido a las especificaciones de calidad del producto ni de la percepción sensorial de parte del consumidor. Adicional a esto no se observaron daños físicos como grietas o abolladuras en las botellas, ni en los picos ni en el cuello de estas.

Tabla 4*Carbonatación por pallet inferior y superior*

CO2 Carbonatación (Volumen)	Pallet superior	Pallet inferior	Diferencia
Más pérdida	3,75	3,64	0,11
Promedio de pérdida	3,61	3,56	0,05
Menos pérdida	3,51	3,48	0,03

La pérdida máxima registrada es de 0,11 volumen, este es un valor muy bajo que en su peor escenario no se ve comprometido a las especificaciones de calidad del producto ni de la percepción sensorial de parte del consumidor. Adicional a esto no se observaron daños físicos como grietas o abolladuras en las botellas, ni en los picos ni en el cuello de estas.

Por esto técnicamente el apilamiento en pirámide está aprobado y no representa un riesgo para la calidad e inocuidad de los productos de formato 300ml y 400 ml.

La duplicación de la capacidad de la bodega preembarque conlleva un costo al incrementar las cantidades de láminas de cartón. Teniendo en cuenta que las láminas son reutilizables.

La implementación de la mejora requiere un costo adicional de \$3,360 por láminas de cartón nuevas este costo se evalúa a los beneficios tangibles e intangibles

Tabla 5*Costo de láminas de cartón para implementación de mejora*

Láminas de cartón por pallet	Situación actual (90)	Mejora (180)
Cantidad por unidad diaria	800	1000
Cantidad mensual	24000	30000
\$0,56 cada lámina	\$13.440	\$16.800
Diferencia	\$3.360 más por mes	

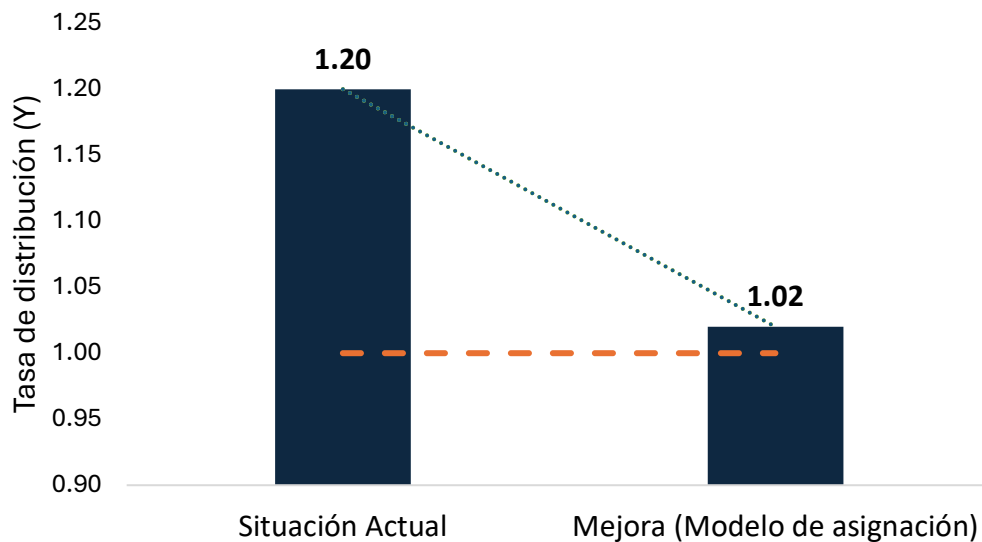
Reducción de la tasa de distribución en un 5,81%, eliminación de cuellos de botella, ahorro en horas-hombre se optimizan los recorridos de los montacargas y reduce el tiempo de almacenar lo que ayuda a manejar los picos de producción sin colapsar.

3.3 Resultados del modelo matemático de asignación.

La solución S7 representa la culminación estratégica del proyecto de mejora junto con las otras implementaciones como aumento de densidad e incremento de capacidad en la bodega de preembarque. El objetivo principal de este modelo es minimizar la distancia recorrida por los pallets, asignando de manera óptima cada sku a la bodega permitida más cercana, considerando restricciones de capacidad y compatibilidad.

Figura 39

Comparación de la tasa de distribución del modelo de asignación

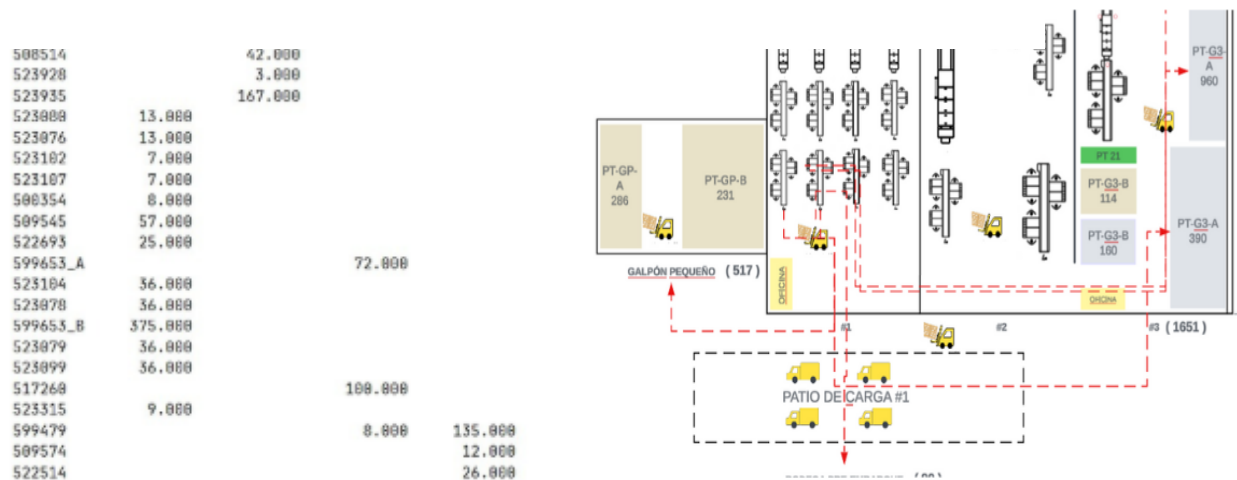


Como resultado la reducción de la tasa de distribución de 1,20 a 1,02, lo que se traduce en una reducción del 15,86% superando el objetivo general del proyecto el cual fue 15%.

Una tasa de 1,02 demuestra casi un equilibrio perfecto entre la producción y capacidad de almacenaje, lo cual elimina la acumulación crónica que existía con una tasa de 1,20.

Figura 40

Retorno en GAMS y simulación de la situación actual

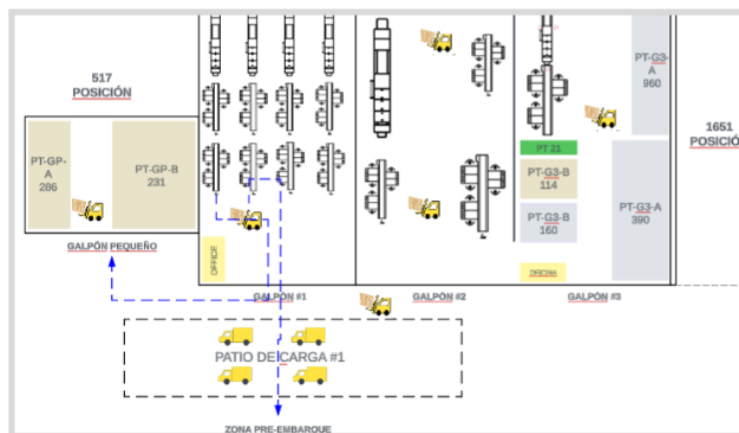


La simulación del escenario operativo actual, desarrollada con el software GAMS (Sistema General de Modelado Algebraico), permitió modelar con precisión la dinámica del flujo logístico interno, cuantificando las distancias totales recorridas y evaluando el impacto operativo asociado a cada ruta de distribución. La integración de los datos consolidados y la representación del diagrama de flujo demostraron una estructura funcional, pero susceptible de optimización en términos de eficiencia de rutas y distribución de carga entre centros de almacenamiento. Este diagnóstico constituye la base técnica fundamental para proponer reconfiguraciones de distribución, reducir los tiempos de movilización y, en general, aumentar la eficiencia del sistema logístico de la organización.

Figura 41

Retorno en GAMS y simulación de la mejora

	b1	b2	b3	b4
508514		42.000		
523928		3.000		
523935		167.000		
523080		13.000		
523076		13.000		
523182		7.000		
523187		7.000		
500354			1.000	
509545			1.000	
522693			1.000	
599653_A			72.000	
523184		36.000		
523078		36.000		
599653_B	4.000		180.000	149.000
523079	1.000			
523099			1.000	
517260			100.000	
523315	1.000			
599479			143.000	
509574			12.000	
522514			26.000	
500010			12.000	

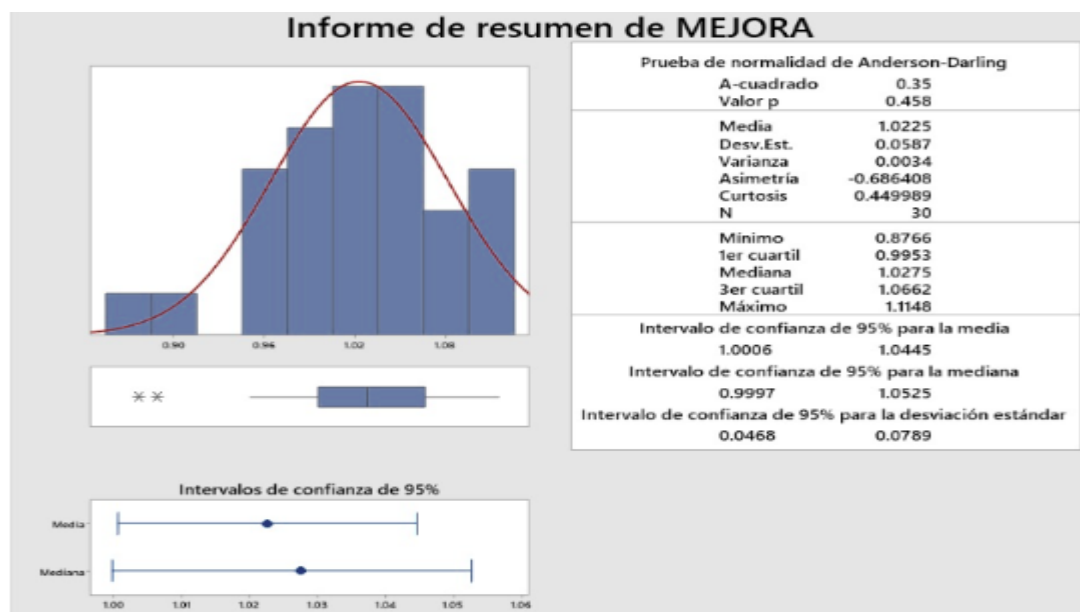


3.4 Prueba de normalidad

Tras la mejora, el proceso muestra una distribución más cercana a la normalidad, menor dispersión y mayor estabilidad, resultando en una reducción de la variabilidad.

Figura 42

Prueba de normalidad de Anderson – Darling luego de la mejora



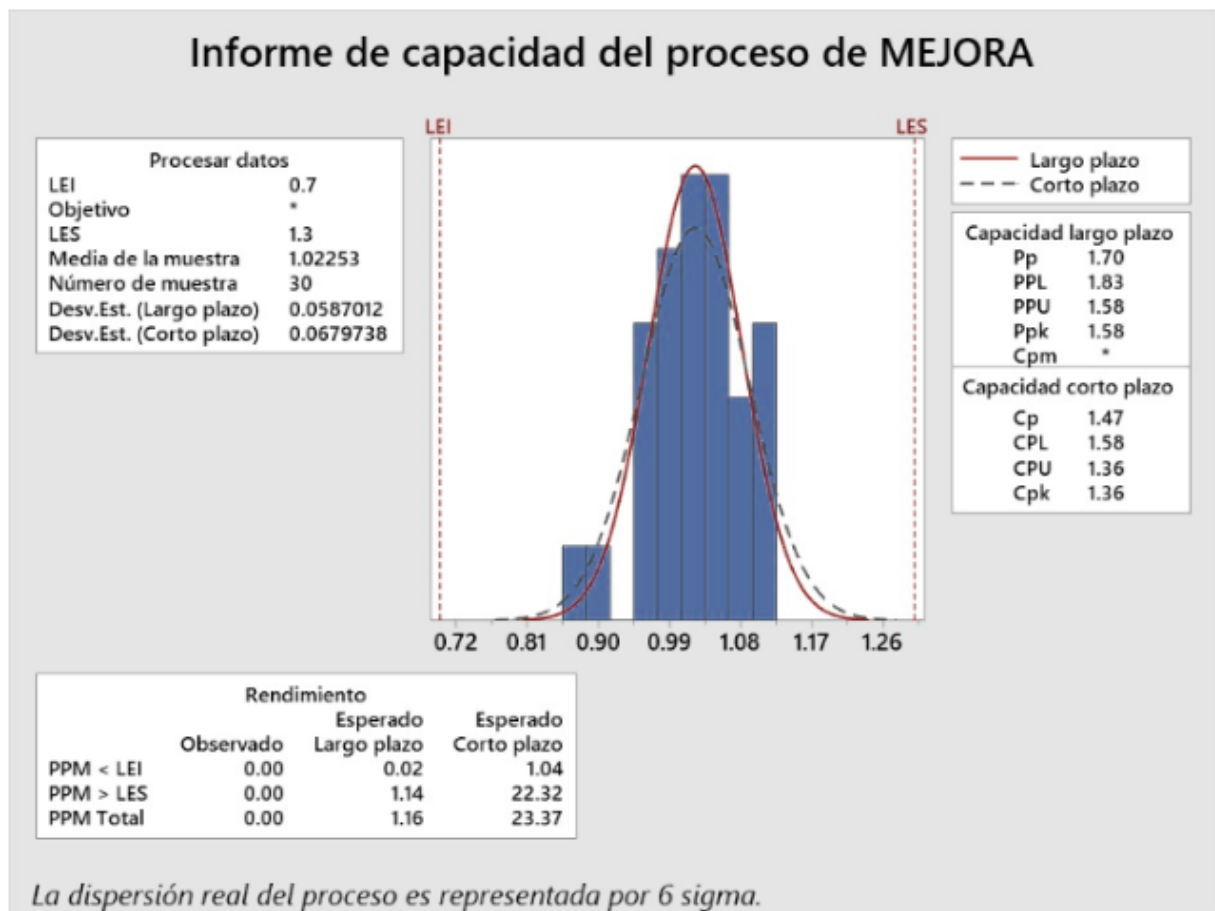
Los resultados de la data evaluada se ajustan a la distribución normal con mínima dispersión reducida y la confiabilidad elevada en las medidas de la tendencia central. El comportamiento demuestra que la mejora refleja un proceso estable y controlado. Los intervalos de confianza respaldan la forma de toma decisiones estratégicas para las prácticas de mejora implementada y así estandarizarlas.

3.5 Prueba de capacidad

Tras la mejora, el proceso muestra una variabilidad mínima ($\sigma=0,06$), intervalos de confianza más estrechos, lográndose un proceso estable y confiable.

Figura 43

Prueba de capacidad de la mejora



El informe evalúa la capacidad del proceso respecto a los límites de especificación.

LEI (límite inferior de especificación): 1,00

LES (Límite Superior de especificación): 1,04

Objetivo: 1,02

Media observada: 1,002

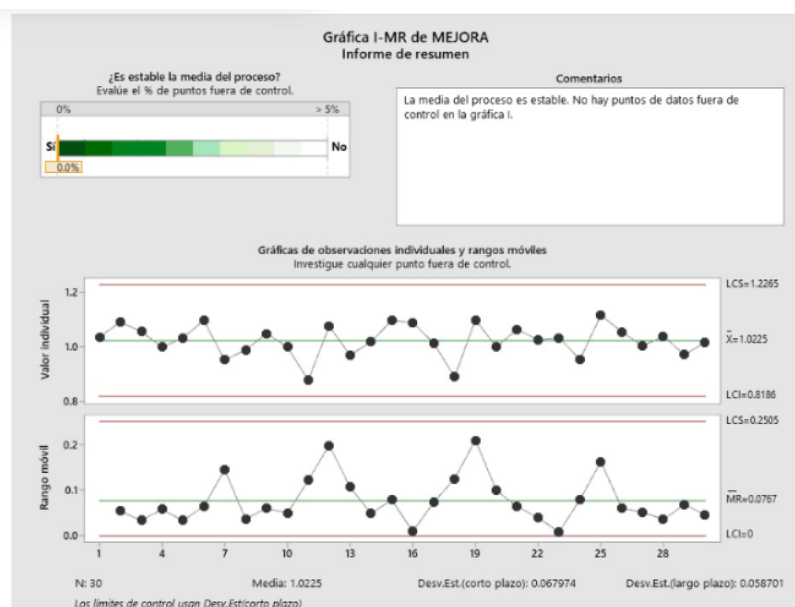
Esto muestra que el análisis cumple con los requisitos establecidos por la operación implementada. Este proceso no genera productos fuera de especificación lo cual es un resultado positivo, todos los índices cp, cpk, pp y ppk están por debajo de 1,33, lo que indica que el proceso tiene una dispersión significativa y se recomienda implementar acciones de mejora enfocadas a la reducción de esta variabilidad como mejoras en las paradas de línea, mayor capacidad en las bodegas.

3.6 Prueba de estabilidad

Tras la mejora, se mantiene dentro de los límites de control, mostrando un comportamiento estable y controlado en el tiempo.

Figura 44

Prueba de estabilidad de la mejora



El análisis de estabilidad en el centro del mapa I-MR confirma que el proceso evaluado se encuentra bajo control estadístico. El aumento de los puntos de control y la reducción de la variabilidad entre observaciones individuales y consecutivas garantizan la fiabilidad del sistema. Este resultado valida la aplicabilidad del análisis de capacidad y las estrategias continuas de mejor calidad, garantizando que cualquier intervención se lleve a cabo según lo establecido. Se recomienda utilizar un monitor periódico para asegurar la estabilidad del control a largo plazo.

3.7 Análisis del Impacto Social, Económico y Ambiental

Con el enfoque de evaluar los resultados obtenidos con la implementación de las mejoras propuestas en el área logística, se utilizó la evaluación del Triple bottom line. Evaluando el impacto financiero, social y también el ambiental, promoviendo una visión sostenible.

Resultando fundamental, porque alinea objetivos operativos con los parámetros y objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por la ONU. Mostrando el impacto de las soluciones que se llevaron a cabo, S1. Optimización de rutas internas, S5. Niveles en preembarque y S7. Aumento de la densidad de pallet sobre los tres pilares:

3.7.1 Impacto Social

Con el enfoque de evaluar los resultados obtenidos con la implementación de las mejoras propuestas en el área logística, se utilizó la evaluación del Triple bottom line. Evaluando el impacto financiero, social y también el ambiental, promoviendo una visión sostenible.

Resultando fundamental, porque alinea objetivos operativos con los parámetros y objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por la ONU. Mostrando el impacto de las soluciones que se llevaron a cabo, S1. Optimización de rutas internas, S5. Niveles en preembarque y S7. Aumento de la densidad de pallet sobre los tres pilares:

3.7.2 Financiero: Reducir el costo por hora-hombre

Con el impacto de las soluciones S1 (reducción de traslados y tiempos improductivos) y S5 (mejor orden - menos espera)

Costo hombre-hora= Personas x horas de inactividad x tarifa horaria regular

Supuestos:

Antes de la mejora:

Personas: 10

Horas de inactividad: 2.5 h/día

Tarifa: \$2.30/hora

Costo antes= $10 \times 2.5 \times 2.3 = \57.5 /día

Después de la mejora (S1 y S5)

Hora de inactividad se reduce 20% - $2.5 \times 0.8 = 2.0$ h/día

Costo después = $10 \times 2.0 \times 2.3 = \46.0 /día

Ahorro obtenido:

$$\frac{57.5 - 46.0}{57.5} \times 100 = 20\%$$

Se obtuvo un ahorro mensual de \$17, 500 por reducción de paradas de línea y \$16,830 por menor consumo de energía, agua y merma de producto.

3.4.2 Social: Aumento de la productividad por hora- hombre

Fórmula:

$$\text{Productividad por HH} = \frac{CU \text{ Dispatched} + CU \text{ Entered}}{\text{Man-hours of PT warehouse}}$$

Antes:

CU despachados:600

CU ingresados:400

Man-hours:80

$$\text{Producción antes} = \frac{600+400}{80} = 12.5 \text{ CU/hh}$$

Después (S5 y S7)

CU despachados:650

CU ingresados:450

Man-hours:85

$$\text{Producción después} = \frac{650+450}{85} = 12.94 \text{ CU/hh}$$

Mejora obtenida:

$$\frac{12.94-12.5}{12.5} \times 100 = 12\% \text{ de mejora}$$

Productividad de operadores mejoro un 12% por reposiciones manuales por mejor ciclo de transporte.

3.7.3 Ambiental: Reducción del índice ambiental por parada

S1: Rutas más cortas y organizadas- menor uso de montacargas- menos energía y agua.

S7: Mayor densidad de pallet- menos movimientos- menos energía y pérdida de producto.

$$IA = \text{Consumo de energía} + \text{Consumo de agua} + \text{Pérdida de producto(merma)}$$

Antes:

Consumo de energía: 0.8 kWh

Consumo de agua: 5 L

Pérdida de producto: 1.5 L

$$IA \text{ antes} = 0.8 + 5 + 1.5 = 7.3$$

Después (tras implementar S1 y S7):

Consumo de energía: 0.66 kWh

Consumo de agua: 3 L

Pérdida de producto: 1.2 L

IA después: $0,66+3+1.2= 4.86$

Impacto

obtenido:

$$\text{Reducción} = \frac{7.3-4.86}{7.3} \times 100 = 33.42\%$$

El consumo de energía, agua y merma por paradas de línea por falta de flujo se redujo en un 33,42% gracias a configuraciones de pallets más densas (S7) y a menos ciclos de transporte (S1). (Energía total utilizada/pallets movidos), lo que supone un ahorro de \$16,830 al mes.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones.

4.1.1 Conclusiones

Esto se consiguió mediante la implementación las tres mejoras claves: aumento de la densidad de pallets en las bebidas energizantes de 400ml, duplicación de la capacidad de la bodega preembarque al apilar los pallets uno sobre otro y junto con esas dos soluciones la creación de un modelo matemático de asignación con el cual se optimizó las rutas donde fueron asignados los pallets en las diferentes bodegas.

Reducción efectiva de la tasa de distribución se logró la disminución en un 7,95% en la solución número 1 en la cual incrementó 25 cajas por pallet por ende bajo de 1,20 a 1,11 en la tasa de distribución.

Por consiguiente, se obtuvo una reducción de 5,81% al momento de apilar el pallet sobre otro y se duplicó la capacidad de la bodega en productos de formatos de 300 y 400 ml.

Se logró una reducción del 15,86% en la tasa de distribución de 1,20 a 1,02 pallets/hora, superando nuestro objetivo general del 15%.

Mejora en la capacidad y en el flujo operativo al aumentar de densidad (S1): Incrementar de 175 a 200 cajas por pallet en bebidas energéticas de 400ml permitió una mejor utilizando del espacio, reducción de movimientos de montacargas y ahorros logísticos significativos y gastos de casi \$600 dólares en pruebas de calidad con producción y pruebas logísticas.

Apilar pallets en la bodega de preembarque (S5): Duplicar la capacidad de almacenamiento de 90 a 180 posiciones lo cual redujo la congestión y mejoro la eficiencia en los despachos por ubicación y porque se aprobó para los productos de 300 y 400 ml.

Optimización de rutas (S7): El modelo de asignación en Gams minimizo el tiempo total recorrido en las diferentes rutas desde salida de producción hasta el almacenamiento en las 4

bodegas, al redistribuir los productos hacia las bodegas con las restricciones de una categorización ABC y por capacidades de bodega.

Dentro de la validación técnica y operativa de las áreas, las pruebas realizadas de densidad y apilamiento confirmaron que al aumentar a 200 cajas por pallet son estables y no se ven afectadas por parte de calidad e inocuidad del producto. La pérdida de carbonización mínima es de 0,03 - 0.11 vol CO₂).

El apilamiento en pirámide fue aprobado para formatos de 300ml y 400ml en bodegas específicas (planta y cedis Guayaquil Norte y Sur), con uso de láminas de cartón para garantizar estabilidad.

4.1.2 Recomendaciones

Implementar el modelo matemático de asignación se realice en tiempo real, sea integrado con un ERP de la compañía para dinamizar la asignación de pallets según la demanda diaria, la categorización ABC y la capacidad disponible en bodegas.

Incluir variables adicionales como tiempos de carga/descarga y disponibilidad de montacargas para refinar la minimización de tiempos.

Replicar el aumento de densidad en otros productos con formatos similares que lo permitan técnicamente y previa validación de calidad.

Evaluar el cambio de racks pesados a extrapesados con estudio de retorno de inversión para homogenizar la capacidad de la planta.

Adicional desarrollar un dashboard visual en tiempo real (propuesto en S2) el cual muestre estado de inventario, la tasa de distribución, los pallets que se acumulan diariamente y las alertas de parada de línea como prevención del cuello de botella.

Crear un sistema WMS para poder mejorar la bodega como tal y tener un mejor control de los pallets producidos en planta.

Capacitar al personal en principios de lean manufacturing (S8) y compartir kpis entre áreas (S6) para fomentar la colaboración interdepartamental.

Establecer una célula de reconocimiento a operadores y supervisores de áreas para la contribución de nuevas oportunidades de mejoras.

Referencias

Antony, J. (2011). Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(2),185-190.

George, M. L., Rowlands D., Price, M., & Maxey J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook* McGraw- Hill.

Goldratt, E. M. (1990). *La Meta: Un proceso de mejora continua*. North River Press.

González, L. Martínez, R., & Torres, A. (2020). Flujo logístico eficiente en la industria alimentaria. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3),34-45.

Liker, J.K (2004). *The Toyota Way; 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill.

López, J., & Vera, C. (2022). Gestión del flujo de pallets en la industria de bebidas, *Journal of Operations and Logistics*, 8(1),15-29. <https://portal.issn.org/resource/ISSN/2309-8023>

Morales, F, Benítez, M, & Diaz, C. (2019). Análisis de cuellos de botella en plantas de manufactura continua, *Ingeniería y Sociedad*, 6(2),41-63. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingeso>

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, productivity Press.

Womack J.P., & Jones D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and create wealth in your corporation* Free Press.

Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2023, mayo). Boletín técnico-índice de precios al Consumidor: mayo 2023. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

Garcés Álvarez, D, P., Vera Macías, G.E., & Zambrano Ronquillo, R. M. (2021). Optimización de ocupación de ubicaciones de almacenamiento en bodega central de una embotelladora de bebidas no alcohólicas [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Digital ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54080>