

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Diseño de proceso de gestión de pallets en centro de distribución de una empresa de alimentos”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Quezada Bajaña Natasha Nicole

Villavicencio Lee Miang Thag

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mi amada familia, que siempre ha sido mi apoyo incondicional en cada paso de mi camino académico. Gracias por creer en mí, motivarme y alentarme a seguir adelante incluso en los momentos difíciles.

A mi supervisora, Ing. María Belén Segovia, cuya sabiduría, paciencia y compromiso han sido invaluable a lo largo de todo el proceso. Su guía experta y constante motivación me han inspirado a superar desafíos y a alcanzar un nivel de excelencia en mi investigación.

Agradezco también a nuestro tutor y mentor del proyecto de tesis, por su valioso tiempo y por compartir sus conocimientos, comentarios y sugerencias han enriquecido enormemente mi trabajo.

Miang Thag Villavicencio Lee

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico, con todo mi corazón, gratitud y esfuerzo: A mi padre Dios que me ha ayudado en estos 5 años a confiar en él a pesar de las dificultades y a tener siempre esperanza. A mi mamá Verónica y mi mamita Vicenta que han estado apoyándome con todo su esfuerzo para que esta etapa se culmine con éxito. A mi hermana Nayeli y a Jander que han sido un enorme apoyo en los tropiezos que he tenido, me han ayudado con sus palabras a levantarme y me han recordado que todo se puede. A mis demás familiares, papá Franklin, abuelito Jorge, Ginger, Mariuxi, Jorge, Angie, Lorena y Richard quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, brindándome su apoyo, y celebrando mis logros. A mis hermanos de la iglesia, quienes han orado mucho por mí para que pueda conseguir las metas que me propongo, gracias por su confianza y apoyo.

Natasha Nicole Quezada Bajaña

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi compañera Natasha Quezada por su amistad y ser un complemento excelente en la realización del proyecto.

A todas las personas anónimas que participaron en mi investigación, ya sea como participantes en entrevistas, encuestas o como fuentes de información. Su disposición para compartir sus experiencias y conocimientos ha sido esencial para enriquecer mi trabajo.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Esta tesis no habría sido posible sin su apoyo, aliento y contribuciones. Espero que este logro sea también un reconocimiento a su generosidad y dedicación.

Miang Thag Villavicencio Lee

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi padre Dios, ya que, sin él no hubiera podido terminar esta hermosa etapa de mi vida, le agradezco porque me llenó de sabiduría y me dio fuerzas para no rendirme y continuar.

Agradezco profundamente a mis amigos: Kristell, Juanda, Lucho, Jerry, Shirley, Naomi y Allison quienes han estado a mi lado durante todo este proceso. Sus conversaciones estimulantes y apoyo mutuo han enriquecido mi experiencia y me han motivado a seguir adelante en los momentos más desafiantes.

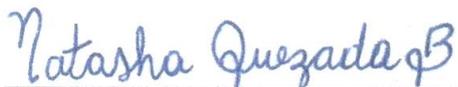
Mi más sincero agradecimiento a mi compañero Miang Villavicencio por su amistad y ser un complemento excelente en la realización del proyecto.

A la M.Sc. María Belén Segovia, por su predisposición, paciencia, guía y apoyo a lo largo de este proyecto, a mis profesores por todos los conocimientos que me impartieron y a la empresa privada por abrirnos sus puertas.

Natasha Nicole Quezada Bajaña

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Natasha Nicole Quezada Bajaña y Miang Thag Villavicencio Lee y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Natasha Nicole Quezada Bajaña



Miang Thag Villavicencio Lee

Evaluadores

M.Sc. María Laura Retamales García

Profesor de Materia

M.Sc. María Belén Segovia Navarrete

Tutor de proyecto

Resumen

Este proyecto se desarrolla en un centro de distribución de una empresa de alimentos en la ciudad de Guayaquil. Se definió como objetivo diseñar un sistema de gestión y control de pallets basado en un modelo de inventario, en atención a la falta de un mecanismo de registro adecuado en la entrada y salida de pallets que ha ocasionado un 56.67% de desabastecimiento hasta agosto del 2023, trazando una ruta crítica de gestión en las 3 actividades identificadas: recepción, compras y distribución de pallets. Para el desarrollo de la solución, se utilizó un modelo de inventario de programación entera mixta, se definió los productos y periodos a analizar, para obtener la cantidad óptima de pallets a comprar.

Se realizó una simulación de 12 semanas con el modelo y los resultados obtenidos fueron: cumplimiento del 100% de los despachos a los clientes y se redujo el costo de compras de pallets en 17.34%, generando un ahorro de \$15.827. En conclusión, aplicando este modelo de Sistema de control y gestión de inventario de pallets en GAMS, se puede mejorar el proceso de realizar las órdenes de compra y conocer el inventario disponible para cumplir con las demandas los clientes.

Palabras Clave: Pallets, Compras, Modelo de inventario, Centro de distribución.

Abstract

This project is developed in a distribution center of a food company in the city of Guayaquil. The objective was defined to design a pallet management and control system based on an inventory model, in response to the lack of an adequate registration mechanism for the entry and exit of pallets, which has caused a 56.67% shortage until August 2023, tracing a critical management route in the 3 identified activities: reception, purchasing and distribution of pallets. For the development of the solution, a mixed integer programming inventory model was used, the products and periods to be analyzed were defined, to obtain the optimal number of pallets to purchase.

A 12-week simulation was carried out with the model and the results obtained were: 100% compliance with deliveries to customers and the cost of pallet purchases was reduced by 17.34%, generating savings of \$15,827. In conclusion, by applying this Pallet Inventory Management and Control System model in GAMS, you can improve the process of placing purchase orders and knowing the available inventory to meet customer demands.

Keywords: Pallets, Purchases, Inventory model, Distribution center.

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas.....	VIII
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	5
1.3 Alcance del proyecto.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Marco teórico.....	7
1.5.1 Inventario.....	7
1.5.2 Inventario de seguridad.....	7
1.5.3 Lead Time.....	8
1.5.4 Costo de ordenar.....	8
1.5.5 Control de inventario.....	8
1.5.6 Programación lineal entera mixta (MIP).....	9
1.5.7 Flexim.....	9
Capítulo 2.....	10

2.	Metodología.....	11
2.1	Definición.....	11
2.1.1	<i>Cronograma de trabajo</i>	11
2.1.2	<i>Voz del cliente</i>	11
2.1.3	<i>Punto de vista</i>	12
2.1.4	<i>Especificaciones técnicas de calidad (QFD)</i>	13
2.1.5	<i>Especificaciones de diseño</i>	14
2.1.6	<i>Restricciones</i>	14
2.1.7	<i>Triple Bottom Line</i>	15
2.2	Medición.....	16
2.2.1	<i>Plan recolección de datos</i>	16
2.2.2	<i>Demanda histórica</i>	17
2.2.3	<i>Información de cliente externo</i>	17
2.2.4	<i>Reparaciones</i>	18
2.3	Análisis.....	19
2.3.1	<i>Diseños</i>	19
2.3.2	<i>Selección del diseño</i>	21
2.3.3	<i>Desarrollo del diseño</i>	23
2.3.4	<i>Análisis financiero</i>	28
2.3.5	<i>Simulación</i>	29
CAPÍTULO 3.....		31
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
3.1	Resultados de la simulación	33
3.1.1	<i>Resultados de la simulación con GAMS</i>	33
Capítulo 4.....		39
4.	Conclusiones y recomendaciones	40
4.1	Conclusiones	40

4.2	Recomendaciones.....	41
5.	Referencias.....	43
ANEXOS	44

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CD	Centro de Distribución
VOC	Voice of customer
POV	Point of view
ROP	Punto de reorden
CTQ	Critical to Quality
QFD	Quality Function Deployment
SS	Stock de seguridad
GAMS	General Algebraic Modeling System
CO2	Dióxido de carbono

Simbología

Kg	Kilogramo
m	Metro
min	Minuto
\$	Dólares
Sem	Semana
%	Porcentaje

Índice de figuras

Figura 1.1: Cadena de suministro de pallets de la empresa	3
Figura 1.2: 5W1H	4
Figura 1.3: Herramienta SIPOC.....	6
Figura 2.1: Voz del cliente.....	12
Figura 2.2: Resumen de implicaciones del problema	12
Figura 2.3: Árbol de CTQ.....	13
Figura 2.4: Herramienta QFD	13
Figura 2.5: Especificaciones técnicas del sistema	14
Figura 2.6: Resultado de análisis estadístico realizado para comprobar ajuste de retornos proyecto vs real.....	18
Figura 2.7: Resultado de análisis estadístico realizado para comprobar los datos de las reparaciones	19
Figura 2.8: Matriz Esfuerzo vs Impacto con la situación actual y los 3 propuestos.....	22
Figura 2.9: Entorno del proceso de despacho y reparaciones de la simulación en Flexim.....	30
Figura 3.1: Cantidad de entregas realizadas por categorías según los distintos escenarios planteados:	34
Figura 3.2: Inventario disponible al final del día comparaciones con los demás escenarios...36	
Figura 3.3: Análisis de medias del escenario actual vs escenario ideal en la reparación de pallets	38

Índice de tablas

Tabla 2.1: Plan de recolección de datos.....	17
Tabla 2.2: Ventajas y desventajas del diseño 1.....	20
Tabla 2.3: Ventajas y desventajas del diseño 2.....	20
Tabla 2.4: Ventajas y desventajas del diseño 3.....	21
Tabla 2.5: Matriz de decisión con criterios esenciales para evaluar diseños.....	22
Tabla 2.6: Análisis financiero comparando los costos de la situación actual con la inversión de la propuesta.....	29
Tabla 3.1: Resultado de la simulación de la cantidad de pallets comprados por semana de los tres escenarios	33
Tabla 3.2: Emisiones de CO2 comparando los tres escenarios propuestos	35

Tabla 3.3: Información de 12 semanas de costos totales de los tres escenarios36

Tabla 3.4: Resultado de costos totales comparando los tres escenarios37

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de cualquier sistema es esencial para garantizar su funcionamiento óptimo y obtener resultados satisfactorios. En el ámbito empresarial, uno de los aspectos fundamentales es el control y gestión de recursos y procesos, lo que es relevante en el contexto logístico.

El CD de una empresa dedicada a la elaboración de alimentos reconocida en el mercado ecuatoriano, se encuentra en Guayaquil, sus principales actividades son: recepción, despacho y compras; el CD tiene una capacidad de almacén de 23001 pallets y una demanda promedio de 1100 pallets diarios, en los cuales no existe un registro detallado de la entrada y salida de pallets ocasionando desabastecimiento y compras emergentes.

Se planteó el objetivo de crear un sistema de control y gestión de pallets utilizando un modelo de inventario, debido a la ausencia de un registro efectivo en la entrada y salida de pallets, lo cual ha resultado en un 56.67% de escasez de suministros hasta agosto de 2023.

En el desarrollo de la solución, se empleó un modelo de inventario basado en la programación entera mixta. Se establecieron los productos y los intervalos de tiempo a evaluar con el fin de determinar la cantidad óptima de pallets a comprar. Asimismo, se delineó una ruta esencial de gestión en las tres actividades identificadas: recepción, compra y distribución de pallets.

Actualmente la empresa utiliza pallets de madera llamados “pallets estándar” de 1.00x1.20 m, el precio de cada pallet es \$8,50 y deben cumplir con el porcentaje de humedad en los pallets, para CD Guayaquil es 28% y para CD Cayambe es de 22%. Un problema de calidad detectado por el cliente equivale a penalizaciones o una devolución completa de los pallets.

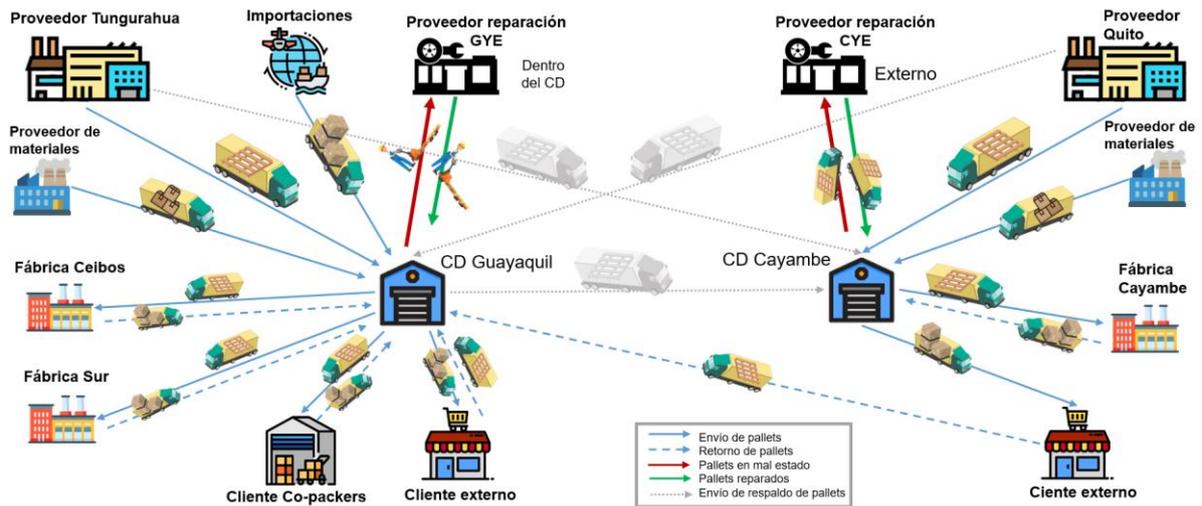


Figura 1.1: Cadena de suministro de pallets de la empresa

El documento consta de 4 capítulos. El capítulo uno, introduce el problema, la justificación, el alcance y los objetivos planteados en este proyecto. El capítulo dos, describe la formulación de las diferentes alternativas de solución del problema, la descripción y selección de la mejor alternativa, el diseño conceptual y la metodología de diseño a seguir. Luego el capítulo tres, describe exhaustivamente los resultados de la solución obtenida. Y por último el capítulo cuatro, esta sección describirá la importancia del trabajo desarrollado, las fortalezas y las debilidades

1.1 Descripción del problema

El CD de una empresa de alimentos ha identificado problemas de desabastecimiento específicamente en el área de despacho al momento de satisfacer la demanda a clientes internos, lo que ocasiona un incremento en la frecuencia de compra de pallets, debido a una falta de control en el registro de entrada y salida de pallets en todas las áreas donde existe ese flujo que son: áreas de *picking*, reparación y despacho.

Un problema de calidad detectado por el cliente interno (fábrica) equivale a una devolución total de los pallets, dicho proceso genera atrasos en la planificación e incremento en el presupuesto de compra y mantenimiento de inventario. El jefe de distribución ha logrado

asociar dichos problemas de abastecimiento a la poca información disponible en el registro de la base de datos, ya que los datos solo se actualizan al inicio de la jornada de trabajo.

Con los datos anteriores descritos y por medio de la herramienta 5W+1H se puede obtener una interpretación clara y lógica en la declaración del problema, tal cual se aprecia en la figura 1.2.

¿Qué?	• Existe un escasez de pallets
¿Quién?	• El departamento de distribución
¿Cuándo?	• Desde agosto de 2021
¿Dónde?	• En un centro de distribución de una empresa de alimentación
¿Por qué?	• No hay registro de exactamente cuánto y cuándo preguntar, todo se hace de forma empírica
¿Cómo?	• Mediante un adecuado sistema de control y gestión.

Figura 1.2: 5W1H

La declaración del problema se expresa de la siguiente manera:

“Desde agosto de 2021, el departamento de distribución del centro de distribución de una empresa de alimentos necesita un adecuado sistema de control y gestión para saber cuánto y cuándo pedir pallets en el momento adecuado, considerando algunos parámetros como: la cantidad de pallets reparados, la cantidad de retorno de pallets por parte del cliente externo, la demanda de los clientes, el costo de compra, y demás factores que afecten al control del inventario, con el fin de reducir el desabastecimiento de pallets que implica gastos y paralizaciones en las actividades operativas”.

1.2 Justificación del problema

La falta de *stock* de inventario de cualquier producto tiene un impacto significativo en las empresas, lo que conlleva pérdidas económicas, la insatisfacción del cliente y las ineficiencias operativas que pueden surgir.

En términos de pérdidas económicas, cuando una empresa tiene un exceso de inventario no vendido, está bloqueando capital que podría utilizarse en otras áreas, como inversión en crecimiento o desarrollo de nuevos productos. Mientras que, una falta de inventario puede resultar en pérdida de ventas y clientes, es decir, los costos asociados con el almacenamiento de inventario no utilizado, como alquiler de espacio y seguros, también contribuyen a las pérdidas financieras.

En lo que respecta a la insatisfacción del cliente, cuando los clientes experimentan retrasos en la entrega debido a la falta de inventario pueden volverse insatisfechos y buscar alternativas. Esta insatisfacción puede dañar la reputación de la empresa y resultar en la pérdida de clientes a largo plazo. Además, los errores en los pedidos y entregas, que a menudo son el resultado de una gestión de inventario deficiente, pueden socavar la confianza del cliente.

Por último, en términos de ineficiencias operativas, las empresas pueden gastar tiempo y recursos valiosos en la búsqueda constante de productos o en la realización de recuentos manuales de inventario. La falta de visibilidad sobre el inventario puede llevar a una planificación y programación ineficientes de la producción y la logística. Esto no solo afecta los costos operativos, sino que también puede provocar retrasos en la entrega de productos y, en última instancia, afectar la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda de manera oportuna.

1.3 Alcance del proyecto

La empresa dos centros de distribución: Centro de distribución Guayaquil que tiene un proveedor de pallets en Tungurahua, 2 clientes internos que son fábrica Sur y Ceibos, 2 clientes

externos que son *co-packers* y supermercados, además cuenta con los proveedores de reparación que están dentro del centro de distribución; Centro de distribución Cayambe que tiene un proveedor de pallets en Quito, tiene un cliente interno que es la fábrica de Cayambe y un cliente externo que es un supermercado, además el proveedor de reparación de pallets es externo.

El control de inventario de pallets forma parte del proceso de Distribución y logística de materiales necesarios para las operaciones, el cual involucra la gestión, planeación y compra. Mediante la herramienta SIPOC se pudo establecer la parte del proceso en la cual se enfocó el proyecto, véase la figura 1.3.

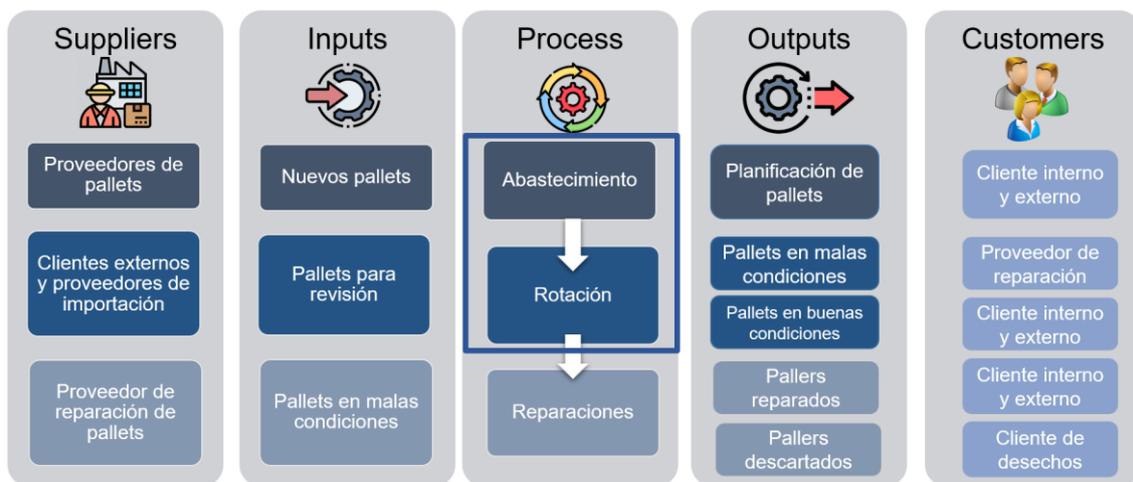


Figura 1.3: Herramienta SIPOC

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un modelo de sistema de control y gestión de pallets en un CD de una empresa de alimentos para mejorar el flujo de los componentes del proceso de distribución y evitar desabastecimientos en los próximos tres meses.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Crear un modelo que cumpla con los requerimientos del diseño y describa los flujos físicos del proceso de pallets.

2. Analizar la fiabilidad de los datos recolectados como un componente esencial para el funcionamiento óptimo del modelo.
3. Realizar una simulación de la herramienta desarrollada usando datos propuestos que cumplan con las restricciones establecidas y datos de consumo real para compararla con la situación actual del sistema de gestión.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Inventario

Dentro de la cadena de suministro existe el inventario debido a un desajuste entre la oferta y la demanda, pero cumple un papel importante que es aumentar la cantidad de solicitudes que se pueden satisfacer al tener los productos listos y disponibles cuando los clientes lo desean. El inventario afecta los recursos que se poseen, así como los costos incurridos y la capacidad de repuesta que proporciona en la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2012).

Para una empresa mantener inventario acumulado puede representar dos tipos de costos fijos o variables, donde todo dependerá de la rotación del inventario, sin embargo, cuando algo no está controlado no podrá medir cuánta pérdida está generando, por eso es importante un adecuado control.

1.5.2 Inventario de seguridad

Este inventario de seguridad es también llamado *stock* de seguridad es el que se mantiene en el caso que la demanda supere las expectativas, y se hace para contrarrestar la incertidumbre, por tanto elegir este valor implica establecer un equilibrio entre los costos de sobreabastecimiento y los costos de perder una venta por la falta de inventario (Chopra & Meindl, 2012).

1.5.3 Lead Time

El tiempo de entrega es el intervalo de tiempo entre realizar la orden de los pedidos y la llegada real del inventario solicitado. Los investigadores consideran que el lead time de 0 no es posible en un comercio real, ya que este tiene componentes como tiempo de emisión del pedido, tiempo de entrega del cliente, tiempo de recepción y control de calidad, entre otros, así que el lead time puede ser determinista o probabilístico (Pérez Mantilla & Torres, 2014).

1.5.4 Costo de ordenar

Este costo se genera al realizar un pedido, pero incluyen otros costos como la relación con el departamento de compras y el manejo de la documentación relacionada, a esto se incluye el costo de compra, los costos de transporte, el análisis de proveedores, recepción de mercaderías y seguimiento de los pedidos. La reducción de este costo se da cuando se realizan un mínimo número de compra con grandes cantidades dentro de la compra (Pérez Mantilla & Torres, 2014).

1.5.5 Control de inventario

Es un aspecto necesario para una amplia gama de organizaciones o empresas de diversas industrias, su definición es “Control de inventario es el dominio que se tiene sobre los haberes o existencias pertenecientes a una organización” (Jorge Sierra y Acosta, 2015).

Actualmente las nuevas tendencias como “Justo a tiempo”, “Calidad total”, entre otras, que tienen un impacto en los principios económicos, manejo de materiales y de producción, nos guían a implementar y buscar herramientas avanzadas para organizar, planificar y controlar los inventarios. Según Jorge Sierra y Acosta (2015) “el mal manejo de los inventarios nos conlleva a tres aspectos primordiales que toda organización quiere evitar: Exceso, Desperdicio y Variabilidad.” (p. 3)

Un artículo titulado “*Designing an effective closed loop system for pallet management*” presenta un caso de estudio donde se implementa un sistema de gestión de ciclo cerrado en un Centro de distribución, lo que permite que la logística inversa sea muy efectiva y permita evaluar el intercambio más eficiente que la empresa debe aplicar para reducir los costos totales en la gestión de pallets (Valerio Elia, 2015, págs. 730-740).

1.5.6 Programación lineal entera mixta (MIP)

En la programación lineal entera mixta, se posibilita el uso de varios tipos de variables (continuas, enteras y binarias) en un solo modelo. Esto incrementa la complejidad de los desafíos y complica la búsqueda de soluciones óptimas. Esto se debe a que las restricciones impuestas por las variables enteras o binarias introducen elementos no lineales en el problema, lo que lo convierte en un problema más ardua de resolver en comparación con los casos de programación lineal pura (Winston, 2003, págs. 512-539).

1.5.7 Flexim

FlexSim es una herramienta de simulación altamente capaz que permite la visualización y evaluación de las modificaciones en operaciones, procedimientos o elementos relacionados con logística, gestión de materiales y fabricación de una manera rápida y se evita los gastos significativos, riesgos y largos plazos asociados con llevar a cabo experimentos con ajustes en situaciones reales, así como el análisis mediante el método de ensayo y error (FlexSim México).

En el artículo titulado “*A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre*” destaca que la técnica de simulación ayuda a identificar los cuellos de botella y el comportamiento del flujo de los recursos (persona, maquinaria, etc.), ya que brinda información y descripción detallada sobre el proceso real antes de realizar una inversión (X. Zhu, 2014).

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA

La ejecución del proyecto se basó en el diseño del producto desde el principio. Las cuatro fases requeridas se describen a continuación: Definir, Medir, Analizar y Prototipar. En este capítulo se detallará las herramientas y diseños utilizados para recopilar información, evaluar su importancia y ejecutarla de manera efectiva, sentando así las bases para desarrollar un prototipo que cumpla con las expectativas del cliente.

2.1 Definición

2.1.1 Cronograma de trabajo

Para el desarrollo de este proyecto, se planteó un cronograma de trabajo, el cual permitió dar seguimiento de las fechas de revisiones, reuniones con el cliente, presentaciones ejecutivas, y diferentes etapas importantes junto con el equipo de trabajo.

El formato del cronograma es sencillo, al lado izquierdo se coloca la etapa en la que se va desarrollando y el lado derecho muestra que días son las reuniones, tal como se muestra en el apéndice A.

2.1.2 Voz del cliente

Para poder conocer y definir el problema descrito en este proyecto es necesario recolectar las necesidades del consumidor, también conocida como la voz del cliente, se realizó una entrevista al Jefe de Distribución, y con la información recolectada sobre las necesidades se pudieron descubrir todos los actores que forman parte de la cadena de distribución y factores que afectan la problemática. El resultado de esta entrevista se muestra en la figura 2.1 donde se puede observar todos los comentarios.

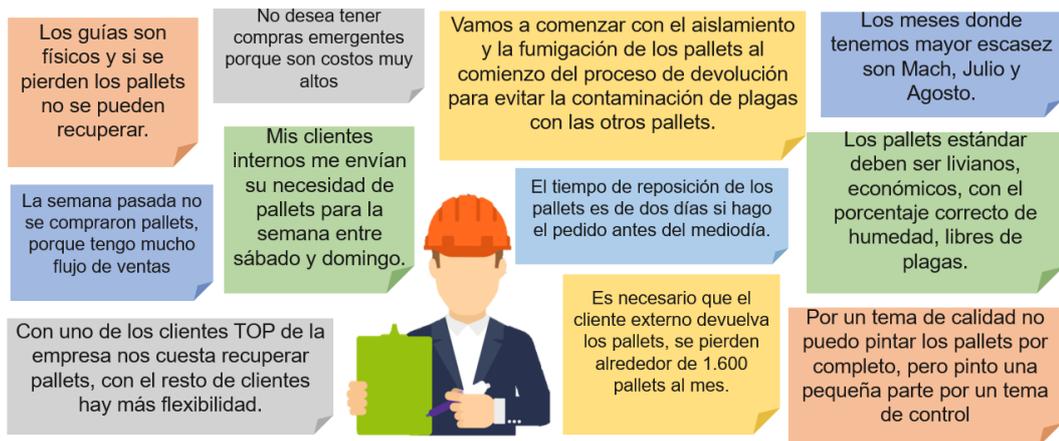


Figura 2.1: Voz del cliente

2.1.3 Punto de vista

Con la información recogida en el apartado anterior, se analizaron los comentarios para ver que estos si se alinean con la problemática establecida inicialmente, entonces se transforman las necesidades con la herramienta Punto de vista (POV) como se muestra en la figura 2.2, para enlistar las necesidades implícitas de nuestro cliente.



Figura 2.2: Resumen de implicaciones del problema

Con los *insights* se definió aquellas características que satisfacen un requerimiento clave para el cliente. En la figura 2.3 se determinó estos requerimientos por medio de la herramienta *CTQ tree* de una forma cuantitativa y cualitativa.

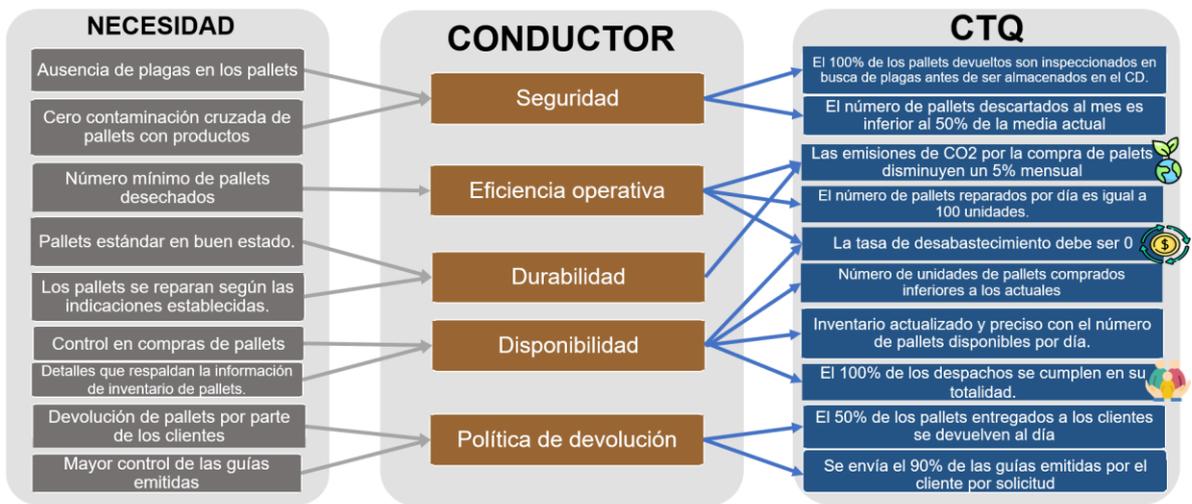


Figura 2.3: Árbol de CTQ

2.1.4 Especificaciones técnicas de calidad (QFD)

Con los requerimientos técnicos de diseño, se procedió a realizar el QFD que determina el nivel de impacto que tienen las características de dicho producto, servicio o proceso sobre las necesidades del cliente, por lo que se requirió que el Jefe de Distribución le dé un peso a cada una de estas necesidades para determinar el nivel de importancia a los diez requerimientos de diseño, como se muestra en la figura 2.4.

		<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">- No hay ninguna relación</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 5px;">+ Hay una relación</div> </div>										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cómo?		El 100% de los pallets devueltos son inspeccionados para detectar plagas antes de su almacenamiento en el CD	Inventario actualizado y preciso con la cantidad de pallets disponibles por día	El número de pallets reparados por día es igual al número establecido en el contrato con el proveedor	Tasa de desabastecimiento debe ser de 0	El 100% de los despachos se cumplen en su totalidad	El número de pallets desechados al mes es inferior al 50% de la media actual	El 50% de los pallets entregados a los clientes se retornan por día	Cantidad de unidades de pallets compradas menores a las actuales	Las emisiones de CO2 por compra de pallets disminuyen un 5% al mes	90% of the guides issued by the client by request are sent	
Qué?												
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE												
1	Ausencia de plagas en los pallets	5	5	0	0	0	0	1	0	3	0	0
2	Cero contaminación cruzada de pallets con productos	3	1	0	0	0	0	3	0	3	0	0
3	Los pallets se reparan según las indicaciones establecidas	7	0	0	5	0	1	3	0	3	3	0
4	Pallets estándar en buenas condiciones	6	1	0	5	0	5	0	0	1	0	0
5	Número mínimo de pallets desechados	4	3	0	1	0	1	5	0	1	3	0
6	Devolución de pallets por parte de los clientes	8	1	3	0	0	5	0	5	1	0	3
7	Control en las compras de pallets	10	0	5	0	5	5	0	0	5	5	0
8	Detalles que sustentan la información de abastecimiento de pallets	9	0	5	0	1	3	0	0	3	0	0
9	Mayor control de las guías emitidas	2	0	3	0	1	1	0	3	0	0	5
ABSOLUTO		54	75	69	11	110	55	46	90	33	34	
RELATIVO (%)		9	13	12	2	19	9	8	15	6	6	

Escala
 0: Sin relación
 1: proporción baja
 3: proporción media
 5: relación alta

Figura 2.4: Herramienta QFD

2.1.5 Especificaciones de diseño

En la figura 2.5 se enlistan los requerimientos o especificaciones de diseño que se mostró en el QFD, de la cuales 3 especificaciones fueron los más relevantes y son las que se utilizaron para llevar a cabo el diseño del proyecto, los indicadores de las especificaciones relevantes lo pueden encontrar en la sección 2.1.7 Triple Bottom Line.

El 100% de los pallets devueltos son inspeccionados para detectar plagas antes de su almacenamiento en el CD	Inventario actualizado y preciso con la cantidad de pallets disponibles por día	El número de pallets desechados al mes es inferior al 50% de la media actual	El 50% de los pallets entregados a los clientes se retornan por día	Cantidad de unidades de pallets compradas menores a las actuales
El número de pallets reparados por día es igual al número establecido en el contrato con el proveedor	Tasa de desabastecimiento debe ser de 0	El 100% de los despachos se cumplen en su totalidad	Las emisiones de CO2 por compra de pallets disminuyen un 5% al mes	90% of the guides issued by the client by request are sent

Figura 2.5: Especificaciones técnicas del sistema

2.1.6 Restricciones

Se realizó una entrevista a nuestro cliente para determinar las limitantes presentes en el diseño del proyecto:

- Mantener un solo reparador de pallets.
- No se puede modificar el tamaño del pallet debe seguir en 1.00x1.20 m.
- Capacidad máxima de abastecimiento en Almacén 23001 pallets.
- Poco tiempo para implementación porque julio y agosto son los meses de mayor uso.
- Presupuesto anual limitado al dinero que regresa en 6 meses.
- El pallet no puede costar más de \$8.50.

Estas restricciones se las considerarán también en los prototipos y simulaciones ya que este deberá trabajar sobre dichas restricciones.

2.1.7 Triple Bottom Line

De acuerdo con la información levantada en la etapa anterior, se definió la oportunidad y objetivos que se ejecutarán en el presente proyecto; del mismo modo, hay que definir el impacto que se generará al diseñar un sistema de control desde los factores sociales, económicas y ambientales.

2.1.7.1 Factor social

Un sistema de control de pallets bien diseñado puede mejorar la calidad de la relación entre cliente y el centro de distribución, ya que se busca que el cliente quede satisfecho con la adquisición que realizó. Esta se calcula cuando se le entrega el pedido sin errores respecto al total realizado y el cliente acepta, esto se define en la ecuación 2.1.

$$\%Exactitud\ de\ pedido = \frac{Número\ de\ despachos\ exactos\ [pallets/mes]}{Total\ de\ despachos\ [pallets/mes]} \times 100 \quad (2.1)$$

2.1.7.2 Factor económico

Un control de pallets eficiente puede ayudar a reducir los costos operativos asociados con la manipulación, transporte y almacenamiento de los pallets. Indica la frecuencia con la que los productos están agotados en comparación con la demanda. Una tasa de desabastecimiento baja sugiere una gestión de inventario más eficiente, esto se define en la ecuación 2.2.

$$\%Ruptura\ de\ pedido = \frac{Número\ de\ pedidos\ sin\ despachar\ [pallets/mes]}{Total\ de\ despachos\ [pallets/mes]} \times 100 \quad (2.2)$$

2.1.7.3 Factor ambiental

Se debe tener en cuenta la gestión adecuada de los residuos generados. Esto implica promover la reutilización y el reciclaje de los pallets en lugar de desecharlos. Como último factor se calcula el impacto de la huella de carbono utilizando la ecuación 2.3 el cual relaciona la cantidad de pallet comprado en el mes actual con el anterior, teniendo en cuenta que cada metro cúbico de madera absorbe aproximadamente una tonelada del gas efecto invernadero

CO₂. Esto significa que un solo pallet de madera almacena unos 27 kilogramos de dióxido de carbono (Argüeso, 2019)

$$\text{emisiones directas } CO_2 = \text{Unidades de pallets comprados} \left[\frac{\text{pallet}}{\text{mes}} \right] \times \text{huella de carbono del pallet} \frac{\text{kg de } CO_2}{\text{pallet}}$$

(2.3)

2.2 Medición

2.2.1 Plan recolección de datos

Es importante establecer una estrategia sistemática y estructurada para recopilar datos necesarios sobre los pallets como: la demanda, los retornos, compras, entre otras variables importantes para el proceso de gestión de inventario, por ello se debe tener un plan de recolección de datos clave. Además, la recopilación de datos históricos es valiosa para analizar patrones y tendencias que vayan teniendo algunos datos significativos para nuestro sistema de gestión como las compras y los despachos. Esto nos ayuda a identificar problemas potenciales en la gestión de inventario ya que podemos monitorear y recopilar datos gradualmente, este lo podemos ver en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1: Plan de recolección de datos

No	¿Qué?		¿Dónde?		¿Cuándo?	¿Cómo?		¿Porqué?
	Variable	Unidad de medida	Tipo de dato	¿Dónde se recolecta?	¿Cuándo se recolecta?	Método de recolección	Método de validación de datos	Uso futuro
1	Número de pallet despachados para clientes	Unidad de pallets por día	Cuantitativo discreto	Desde un cuaderno escrito que luego es pasado a un documento Excel	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte físico por el área de operación	Porque recopilar la cantidad de pallets despachados nos ayudará a comparar con la demanda y saber si el 100% de los pedidos se está cumpliendo o no
2	Número de pallets retornados por el cliente externo	Unidad de pallets por día	Cuantitativo discreto	Desde un guías emitidas y documentadas en Excel	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte físico por jefe de distribución	Porque recopilar el número de pallets devueltos por el cliente externo permite conocer el porcentaje de pérdida que se tiene, ayudando a conocer el flujo de retorno y el pronóstico de retorno
3	Número de pallets comprados	Unidad de pallets por día	Cuantitativo discreto	Desde un email que luego es pasado al sistema	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte enviado a email al área de compras	Conocer el número de pallets que intervienen en una operación logística ayudará a realizar una estimación precisa de los costes asociados y por tanto permitirá disminuir los gastos actuales
5	Número de pallets disponibles	Unidad de pallets por día	Cuantitativo discreto	Desde un cuaderno escrito que luego es pasado a un documento Excel	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte físico por el área de reparación	Porque el número de pallets disponibles proporciona de información para regular el porcentaje desabastecimiento en el CD
6	Número de pallets reparadas	Unidades reparadas por día	Cuantitativo discreto	Desde un cuaderno escrito que luego es pasado a un documento Excel	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte físico por el área de reparación	Porque la recolección del número de pallets reparados permite identificar áreas de mejora en la manipulación e inspección de los pallets, cumpliendo así al 100% con las indicaciones de las reparaciones y conocer el pronóstico de reparación diaria
7	Número de pallet requeridos por clientes	Unidad de pallets por día	Cuantitativo discreto	Desde un email que luego es pasado a un documento Excel	29/05/2023 - 18/08/2023	Revisar la base de datos de los meses de junio, julio y agosto del documento Excel	Comparar datos con reporte enviado a email al área de compras	Porque recopilar la cantidad de pallets demandados nos ayudará a comparar con la situación actual y saber si el 100% de los pedidos se está cumpliendo o no

2.2.2 Demanda histórica

Para obtener la información necesaria se tuvo la asistencia del Jefe de distribución y la información que se recolectó fue de las variables despachos y requerimientos de clientes tanto internos como externos; debido a que no existía un buen registro de la información solo se logró recolectar los datos de los meses de Junio a mediados de Agosto del 2023. Estos datos nos servirán para realizar las comparaciones y ver el desempeño del modelo que se desarrollará. Para corroborar esta información, se realizó una comparación entre despachos previstos y reales, se obtuvo una coincidencia del 88% con un margen de error del 21% que representan las pérdidas de ventas. Los datos que se recolectaron se muestran en la tabla en apéndice B donde se coloca los datos diarios.

2.2.3 Información de cliente externo

En este apartado se colocará la recolección y verificación de los datos de los retornos del cliente, esta información es importante de corroborar porque ayuda a determinar el nivel de inventario diario, ya que mientras más pallets en buen estado regresen existen menos probabilidades de gastos en compras. El CD espera que el cliente externo le retorne el 50% de los pallets que envía, pero en realidad solo está teniendo un retorno promedio de 36.11%, por lo que se va a registrar esta información para analizar con el modelo, véase la tabla, donde están los datos por semana en el apéndice B.

Con los datos de retornos recibidos y retornos esperados de la tabla en el apéndice B, se obtuvo un ajuste promedio del 72%, con la ayuda del Minitab se realizó un análisis de medias con las siguientes hipótesis.

H₀: El ajuste promedio entre retornos recibidos y esperados es 72%

H₁: El ajuste promedio entre retornos recibidos y esperados es diferente de 72%

En conclusión, se obtuvo que la hipótesis nula no se rechazaba con un valor p de 0.040, es decir, que la media de retornos recibidos se pueden ajustar al 72%, véase la figura 2.6.

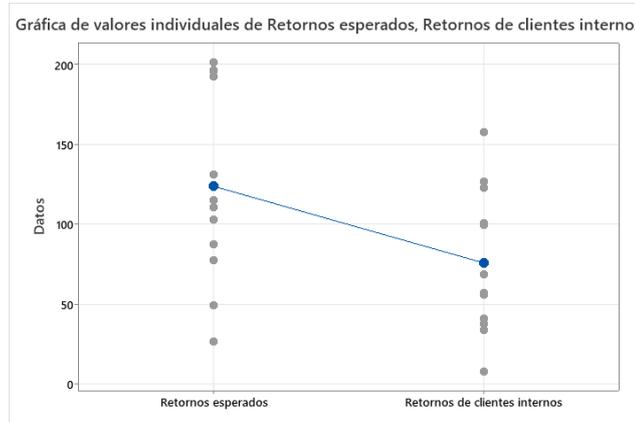


Figura 2.6: Resultado de análisis estadístico realizado para comprobar ajuste de retornos proyecto vs real

2.2.4 Reparaciones

La recolección de los datos de reparaciones se muestra en la tabla en el apéndice B, aquí se tomó los datos registrados en el cuaderno del reparador con los datos que el jefe de distribución coloca en el registro de Excel. Se realizó un análisis de medias en Minitab para comparar los valores y se planteó las siguientes hipótesis.

H₀: La diferencia de medias entre ambos datos es 0

H₁: La diferencia de medias entre ambos datos es diferente de 0

Como resultado se obtuvo que la hipótesis nula no se rechaza por lo que se corrobora que las reparaciones se estén registrando de manera correcta, este valor es esencial en el desarrollo del modelo, véase la figura 2.7.

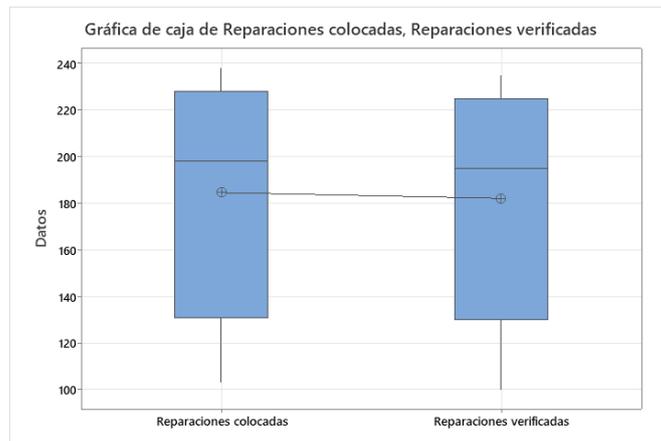


Figura 2.7: Resultado de análisis estadístico realizado para comprobar los datos de las reparaciones

2.3 Análisis

Tal como se mencionó en la declaración del problema se quiere elaborar una herramienta que permita tener un adecuado sistema de control y gestión de pallets que permita verificar los datos registrados para tomar decisiones, con el fin de que ayude al jefe de distribución a la planificación del abastecimiento y control de los despachos para los clientes. Entonces, se realiza un análisis para determinar cuáles serían las opciones de diseño adecuadas para implementar el sistema, considerando los requisitos y restricciones identificadas.

2.3.1 Diseños

2.3.1.1 Diseño 1

En este primer diseño se propuso una aplicación de ciclo cerrado y abierto para la gestión de pallets, este sistema determina la modalidad de la logística inversa permitiendo evaluar el intercambio más eficiente que la empresa debe aplicar para reducir los costos totales en la gestión de pallets. En la tabla 2.2 se muestran las ventajas y desventajas del diseño 1.

Tabla 2.2: Ventajas y desventajas del diseño 1

Ventajas	Desventajas
Eficiencia en la gestión de inventarios, evitando el riesgo de quedarse sin stock y minimizando los excesos.	Requiere monitoreo constante de la demanda en tiempo real.
Reduce los costos asociados con el almacenamiento y el mantenimiento del inventario.	La proximidad entre los clientes y el CD debe ser inferior a 200Km de distancia.
Establecer vale para garantizar la devolución de pallets.	El tiempo de entrega entre el productor/minorista con el CD debe realizarse dentro de un turno de 8 hora.

2.3.1.2 Diseño 2

En este segundo diseño se propuso un sistema de control y gestión de pallets con información digitalizada mediante modelo GAMS, el ingreso de información a través de aplicaciones o sistemas móviles le permite registrar la cantidad de productos disponibles, realizar un seguimiento de los envíos y recibir alertas cuando el inventario sea bajo. Se puede sincronizar la aplicación con otros dispositivos para tener acceso a la información en tiempo real. Y con la información recopilada se puede mantener el control de inventarios a través de un modelo de gestión. En la tabla 2.3 se muestran las ventajas y desventajas.

Tabla 2.3: Ventajas y desventajas del diseño 2

Ventajas	Desventajas
Acceso al Sistema de Control de Inventario desde cualquier lugar y en cualquier momento.	La modificación de las preguntas sin cuidado afectaría todo el diseño.
Automatización de procesos minimizando los errores humanos.	Conectividad al internet.
Optimización de la gestión de inventario.	Adaptabilidad al entorno en el que operan los trabajadores y el lugar de trabajo.
Información sobre la cantidad de pallets necesario para satisfacer la demanda.	

2.3.1.3 Diseño 3

En este tercer diseño se propuso un sistema de inventario con código de barras y control de alertas de nivel de inventario, este es un software de gestión de inventario que admite el uso de códigos de barras. Así es como asigna un código de barras único a cada unidad de pallet y utiliza un lector de código de barras para escanear las unidades a medida que ingresan o salen del inventario. El software registrará automáticamente los cambios y le proporcionará información en tiempo real sobre el nivel de existencias. En la tabla 2.4 se muestran las ventajas y desventajas.

Tabla 2.4: Ventajas y desventajas del diseño 3

Ventajas	Desventajas
Eficiencia en la gestión de inventarios, ya que se acelera el registro de ingresos y salidas.	Altos costos de implementación, desde el requisito de etiquetar cada artículo hasta el costo de las máquinas y la capacitación del personal.
Precisión en el seguimiento porque se evitan errores de confusión de pallets.	Uso de sistemas complementarios para el seguimiento de información adicional.
Seguimiento de pallets devueltos.	
Información en tiempo real.	

2.3.2 Selección del diseño

Para seleccionar el mejor diseño que cumpla con los requerimientos de la empresa y las limitaciones establecidas, se realizó una matriz de decisión y una matriz Impacto-Esfuerzo. La primera que se mostrará es una matriz de decisión que enlista las restricciones de diseño y los requerimientos del diseño, tal como se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Matriz de decisión con criterios esenciales para evaluar diseños

Preguntas: Requerimientos y Restricciones	Situación actual	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
¿El diseño considera que se mantenga el tamaño actual de los pallets? (Restricciones)	✓	✓	✓	✓
¿El diseño considera no aumentar la cantidad del personal? (Restricciones)	✓	X	X	X
¿El diseño considera que el espacio requerido para el almacenamiento de pallets sea hasta 23001? (Restricciones)	✓	✓	✓	✓
¿El diseño considera que se mantenga el costo de los pallets sin cambios? (Restricciones)	✓	✓	✓	✓
¿El diseño considera el corto tiempo de implementación de tres meses? (Restricciones)	X	X	✓	X
¿El diseño considera el retorno de la inversión de 6 meses? (Restricciones)	✓	✓	✓	✓
¿El diseño considera el cumplimiento del pedido? (QFD)	X	✓	✓	✓
¿El diseño considera llevar un registro preciso del inventario disponible? (QFD)	X	✓	✓	✓
¿El diseño considera minimizar la cantidad de pallets en las compras? (QFD)	X	X	✓	✓

Mientras que la figura 2.8 indica una matriz impacto-esfuerzo en donde se valoró que tan complejo puede llegar a ser implementar cada alternativa y cuanto impacto generará en el ámbito organizacional.

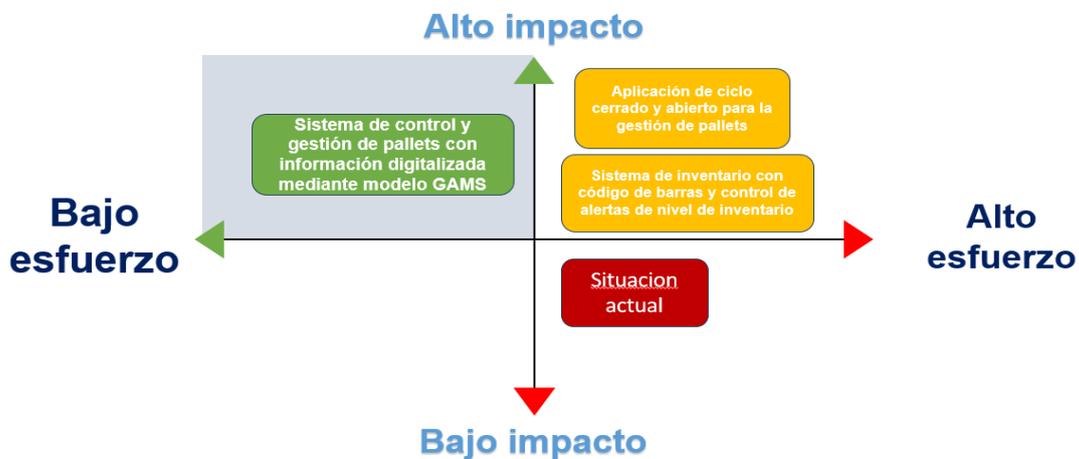


Figura 2.8: Matriz Esfuerzo vs Impacto con la situación actual y los 3 propuestos

Al analizar ambas matrices, la opción que se seleccionó es el diseño 2 con 8 preguntas a favor de 9, además de que tiene un alto impacto en el proceso de pallets y se necesita un bajo esfuerzo para aplicar el diseño

2.3.3 Desarrollo del diseño

2.3.3.1 Elaboración de la automatización de información

Para el desarrollo del diseño del sistema de control y gestión de pallets con información digitalizada mediante modelo GAMS, se comenzó creando 4 formularios de Form Google, esto se lo hizo para automatizar el registro de la información, ya que se lo hacía escribiendo en un cuaderno y esa información era ingresada al día siguiente, de igual forma uno de los objetivos de estos formularios fue comprobar que la información que era colocada realmente se daba en el área de trabajo del centro de distribución.

Los formularios alimentan un documento en Excel que es donde está el control del inventario, colocando las entradas y salidas de pallets que existen diariamente en el centro de distribución. La información de los que se llena en los formularios lo podemos ver en APÉNDICE C.

2.3.3.2 Construcción de la interfaz de Excel

Esta información que se recolecta diariamente pasa directamente a un documento de Excel donde se puede actualizar y ver todas las entradas y salidas de pallets del centro de distribución. El Excel creado cuenta con 7 hojas que se detallará la información que contiene cada una de ellas en el APÉNDICE D:

- Formato control
- Datos de reparación
- Datos de salida a fábrica
- Fábrica
- Datos pallets en CD
- Modelo
- GAMS.

2.3.3.3 Construcción del modelo matemático

Para la oportunidad de mejora que vimos para este centro de distribución, se ha considerado un modelo de control de inventario con minimización de costos a través de la programación entera mixta, MIP por sus siglas en inglés.

Este modelo simula la planificación de compra de pallets adecuada que debe hacer la empresa en un periodo determinado, y el centro de distribución tiene restricciones que el modelo ayuda a cumplir, definidas antes en el capítulo 1.

La terminología y estructura que se utilizó para formular el modelo fue del software GAMS, pues fue el seleccionado para este diseño propuesto. Se considera a GAMS como un programa de optimización muy adecuado para resolver problemas de diferentes tamaños, además es completo porque se pueden colocar restricciones, y parámetros que luego pueden ser modificados según las necesidades del centro de distribución.

Definición de índices

Tal como se ha mencionado anteriormente se usará la programación entera mixta y al ser un modelo de inventario se deberá definir productos y periodos. Así que, se inicia definiendo el producto a controlar que son los pallets y los periodos se darán en días

porque el lead time está en días. Entonces usaremos SET para la definición de los índices, esta es propia del lenguaje GAMS.

SET

- i Conjunto de pallets /pallet estándar/
- t Conjunto de periodos en días /1...60/

El conjunto de periodos representa las fechas en las que se comprarán los pallets, también indica el stock que se tendrá diariamente. Actualmente solo hay un producto porque es el que se compra en este sistema, pero si en un futuro se desea hacer pruebas con pallets de plástico, u otro material, solo se añade como producto al conjunto de pallets.

Definición de parámetros

Para la definición de los parámetros se usa la palabra PARAMETERS, aquí se colocarán los datos de magnitudes vectoriales que intervienen en el modelo. A continuación, se enlista cómo se definirán los parámetros:

PARAMETERS

- Ch_i Costo fijo de compra
- r Tasa de inventario
- C_i Costo unitario de cada pallet i
- $InvIn_i$ Inventario inicial de los pallets i
- $D_{t,i}$ Demanda proyectada de fábricas en el día t del pallet i
- $U_{t,i}$ Demanda de clientes paletizados en el día t del pallet i
- $SS_{t,i}$ Stock de seguridad en el día t del pallet i
- $P_{t,i}$ Pallets reparados en el día t del pallet i
- $H_{t,i}$ Stock disponible (liberados) en el día t del pallet i
- $F_{t,i}$ Retornos en buen estado de clientes en el día t del pallet i

Los valores que son vectores unitarios, es decir que solo tienen un valor y son independientes del tiempo son el Costo fijo de compra con un valor de \$1000 cada

compra, la Tasa de inventario de 10%, el Costo unitario de cada pallet que es una de las restricciones mencionada con un valor de \$8.50, el Inventario Inicial es de 1000 pallets el cual es un promediado con datos históricos de la empresa.

Las siguientes variables dependen del tiempo como las demandas de fábrica, y de clientes, el stock de seguridad fue calculado y es de 150 pallets; las reparaciones, el stock disponible y los retornos también son una lista de datos variables.

Definición de variables de decisión

Para la definición de las variables se usa la palabra VARIABLES. Las variables para este modelo corresponden a dos variables positivas y una variable entera. Las variables positivas corresponden a la cantidad a ordenar en el día determinado por el modelo, el inventario disponible al final del día para ser utilizado el día siguiente y el costo total. Y la variable entera corresponde a la decisión si se realiza pedido en ese día o no.

VARIABLES

Z Costo total

Variable Binaria

$$N_t = \begin{cases} 1, & \text{Si se realiza un pedido en el día } t \\ 0, & \text{De lo contrario} \end{cases}$$

Variable positiva

$Q_{t,i}$ Cantidad por comprar en el día t del pallet i

$S_{t,i}$ Inventario disponible en el día t del pallet i

Definición de ecuaciones

Para seguir con la estructura de GAMS, con respecto a las ecuaciones la palabra que usaremos será EQUATIONS, y se describirá cada una a continuación.

Definición de la función objetivo

La función objetivo está compuesta por la suma de tres costos: Costo de ordenar, Costo total de comprar los pallets y Costo de mantener inventario. Entonces el primer elemento que es el costo de ordenar es la suma producto del costo fijo de pedir por la variable entera de pedido. El segundo elemento que es el costo total de comprar los pallets es también la suma producto de la tasa de inventario por el costo unitario del pallet por el stock al final del día. Y el tercer elemento que es el costo de mantener inventario del pallet es la suma producto del costo unitario por la cantidad que se compre en el periodo que indique el modelo.

Minimizar Costo total = Costo de ordenar + Costo total de comprar los pallets + Costo de mantener inventario.

$$\sum_t Ch \cdot N_t + \sum_{i,t} r \cdot C_i \cdot S_{t,i} + \sum_{i,t} C_i \cdot Q_{t,i}$$

Restricción del balance de inventario

Uno de los requerimientos de diseño es que se conozca de forma actualizada y precisa el valor del inventario al final del día t , ya que este será el inventario inicial al día siguiente y con esto se podrá trabajar. Este inventario lo obtenemos sumando el inventario disponible en el día anterior con lo llega de la compra realizada en el periodo de dos días, con los pallets reparados, liberados y retornados el día anterior menos las demandas de fábrica y del cliente externo. Esto es desde $t = 2$ porque el inventario inicial es con el valor que se empieza ese día esto se define en la siguiente restricción.

$$S_{t,i} = S_{t-1,i} + Q_{t-2,i} - D_{t,i} - U_{t,i} + P_{t-1,i} + H_{t-1,i} + F_{t-1,i} \quad \forall t > 1 \in T, \forall i \in I$$

Restricciones del nivel de inventario

Esta restricción asegura que el nivel de inventario en el momento t sea mayor al stock de seguridad, ya que sirve como un apoyo para el arranque del día. Este empieza desde el día 1.

$$S_{t,i} \geq SS_{t,i} \quad \forall t > 0 \in T, \forall i \in I$$

La siguiente restricción también es sobre el inventario y garantiza que la variable de inventario inicial se establezca como el parámetro del nivel de inventario inicial para tener pallets el primer día de operación.

$$S_{1,i} = InvIn_{t=1,i} \quad \forall i \in I$$

Restricción del límite superior del tamaño del pedido

Esta restricción es sobre el límite superior del tamaño del pedido, y funciona de la siguiente manera, cuando no se recibe un pedido en el día t ($N_t=0$), el límite superior es 0. Y cuando existe un pedido asegura que este no sea mayor a 600 que es la cantidad máxima para ordenar en un día.

$$\sum_i Q_{t,i} \leq 600 \cdot N_t \quad \forall t \in T$$

Restricciones de tipo de variable

Estas restricciones aseguran que las variables positivas sean mayores a 0 y que la variable entera solo tenga valores entre 0 y 1.

$$S_{t,i} \geq 0 \quad \forall t \in T, \forall i \in I,$$

$$N_t \in \{0,1\} \quad \forall t \in T,$$

$$Q_{t,i} \geq 0 \quad \forall t \in T, \forall i \in I,$$

2.3.4 Análisis financiero

Así también se realizó un análisis financiero que lo vemos en tabla 2.6 donde se colocó el costo del personal, el costo de capacitar a cada empleado, el costo de invertir en el modelo en comparación a la situación actual de la empresa.

Tabla 2.6: Análisis financiero comparando los costos de la situación actual con la inversión de la propuesta

Costo mensuales (\$/mes)		
	Diseño actual	Diseño 2
Costo del personal		
Jefe de transporte y distribución	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
Gerente del Centro de Distribución	\$ 800.00	\$ 800.00
Reparador de pallets	\$ 1,036.00	\$ 1,036.00
Operador de almacén principal	\$ 600.00	\$ 600.00
Costo total	\$ 4,036.00	\$ 4,036.00
Costo de servicios		
Internet	\$ 38.00	\$ 38.00
Costo de capacitación (\$) por persona		\$ 33.60
Licencia de GAMS	\$ -	\$ 3,500.00
Licencia de office 365	\$ -	\$ 150.00
Mantenimiento preventivo de software	\$ -	\$ 100.00
Costo total	\$ 38.00	\$ 3,821.60
TOTAL	\$ 4,074.00	\$ 7,857.60

2.3.5 Simulación

2.3.5.1 Simulación del modelo en Excel y GAMS

Como Excel es una de las herramientas de mayor uso en la compañía, se creó la interfaz ya descrita, donde mediante macros los resultados se exportan y se importen.

Para realizar la correspondiente simulación se tomaron los datos recolectados en la fase de Medición y se plantearon 3 escenarios para la simulación. Cabe mencionar que los datos ingresados en la simulación del modelo son de 12 semanas, correspondientes a la semana del 29 de Mayo al 18 de Agosto de 2023 (semana 22 a la semana 33 del año 2023). No existía orden y precisión en el ingreso de la información, y no todos se validaron en la etapa de Medición, ya que no había constancia visual ni física de los datos colocados en los formatos.

2.3.5.2 Simulación del entrono en Flexim

Se realizó una simulación en el software Flexim con el fin de comprender mejor el proceso y las operaciones que se llevan a cabo dentro del centro de distribución con el

manejo de los pallets, así se podrá conocer lo que ocurre en la situación actual, tomar decisiones informadas y plantear mejoras.

Así que, se tomó en consideración modelar el sistema con los diagramas de flujo de procesos tanto de reparación como de despacho que están en APÉNDICE H. Para la simulación se plantearon dos escenarios con parámetros similares, las diferencias estuvieron en el área de reparación porque se analizó si era importante colocar o más personal en esta área, por eso, se comenzó con encontrar las distribuciones para los datos.

Primero se determinaron las distribuciones en *ExperFit*, las cuales fueron: para el proceso de reparación se colocó una Log-Logistic, para el proceso de *picking* se colocó una Weibull y para el proceso de estiba se colocó una Johnson Bounded. Además se plantearon diferentes parámetros entre los más importantes están: número de operarios en reparación, cantidad de pallets en reparación, tiempo de reparación del pallet y cantidad de pallets en operación. Se utilizó Experimenter para simular las 12 semanas del flujo de materiales que se da en el centro de distribución, en la figura 2.9 podemos ver una parte de la simulación. Se corrió con 1 y 2 trabajadores, y se colocó un tiempo de 600 minutos con 60 réplicas simulando las 12 semanas, tal como se ve en el APÉNDICE H.

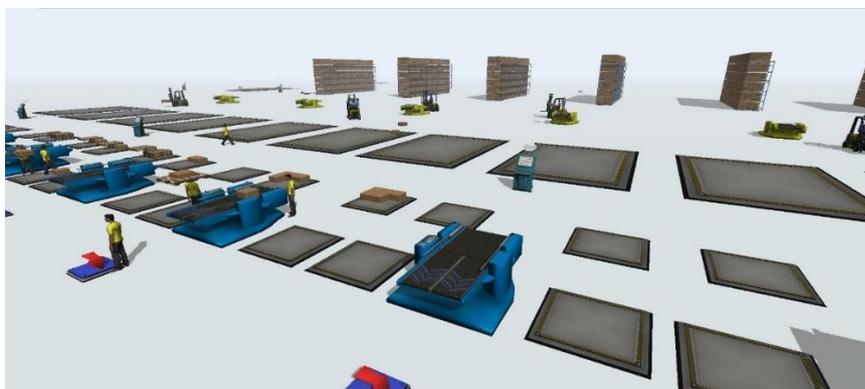


Figura 2.9: Entorno del proceso de despacho y reparaciones de la simulación en Flexim

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para las simulaciones se consideró comparar las compras hechas en el periodo establecido en el punto 2.3.5, con las que se debieron realizar según el modelo y otras características propuestas que se describen a continuación para cada escenario.

Escenario 1 – Escenario actual

- Los despachos se cumplen en menos del 50%
- Poca precisión del nivel de inventario disponible por día.
- 1 reparador
- Compras emergentes
- Reparaciones entre 40 y 70 unidades de pallets al día
- Devoluciones del 20% por parte del cliente

Escenario 2 – Escenario mejorado

- Se cumple el 100% de los despachos
- Se conoce con precisión el stock disponible por día
- 1 reparador
- Se conoce el día que se necesita realizar una compra para evitar desabastecimiento
- El número de reparaciones se mantiene como el escenario actual
- Se mantiene el porcentaje de devoluciones de clientes como el escenario actual

Escenario 3 – Escenario ideal

- Se cumple el 100% de los despachos
- Se conoce con precisión el stock disponible por día
- 2 reparadores
- Se conoce el día que se necesita realizar una compra para evitar desabastecimiento
- El número de reparaciones diarias se incrementa a 100 unidades.
- Las devoluciones de los clientes aumentan al 50%

3.1 Resultados de la simulación

3.1.1 Resultados de la simulación con GAMS

Luego de haber realizado la simulación con los escenarios planteados, se pudieron observar resultados del control de inventario de pallets según los parámetros planteados en el modelo. El modelo arroja tres resultados importantes para el control de los pallets, el primero es la cantidad por ordenar en un periodo determinado, para el análisis se consideró la suma total de compras que se deben hacer en la semana, estos resultados los vemos en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Resultado de la simulación de la cantidad de pallets comprados por semana de los tres escenarios

Unidades de pallets compradas por semana			
SEMANA	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO MEJORADO	ESCENARIO IDEAL
Semana 22	0	600	286
Semana 23	500	528	0
Semana 24	250	940	579
Semana 25	1050	1515	600
Semana 26	900	600	537
Semana 27	900	1512	1109
Semana 28	250	1028	463
Semana 29	500	1535	1464
Semana 30	500	358	0
Semana 31	0	0	0
Semana 32	1400	0	0
Semana 33	650	0	0
TOTAL	6900	8616	5038

La simulación indicó que con ayuda del modelo de sistema de gestión de GAMS, se tendría un manejo adecuado de los pallets tanto en el escenario mejorado como en el ideal, como se puede apreciar en la tabla 3.1 en el escenario mejorado no hay compras en las últimas tres semanas, mientras que en el escenario ideal no hay compras las últimas 4 semanas. Se muestra que entre el escenario actual y el escenario mejorado existe una diferencia de compra de 1716 pallets, es decir que se ha comprado más en el mejorado, pero como el escenario mejorado es igual que el actual solo que cumple el 100% de los

despachos, entonces se calcula que en el escenario actual se debe colocar un costo de penalización para hacer comparable los escenarios. Entonces quiere decir que el CD tuvo que haber tenido un gasto de \$14,586 para poder completar los pedidos en los tres meses.

Con esta información prevista por el modelo de simulación se puede calcular el indicador social, que mide la satisfacción del cliente por medio de la entrega completa del pedido, así mismo se verá cuántos despachos no se cumplieron, véase la figura 3.1, donde se puede ver el total de desabastecimiento, despachos completos, y entregas incompletas de cada escenario, las tablas con la información diaria están en el APÉNDICE B.

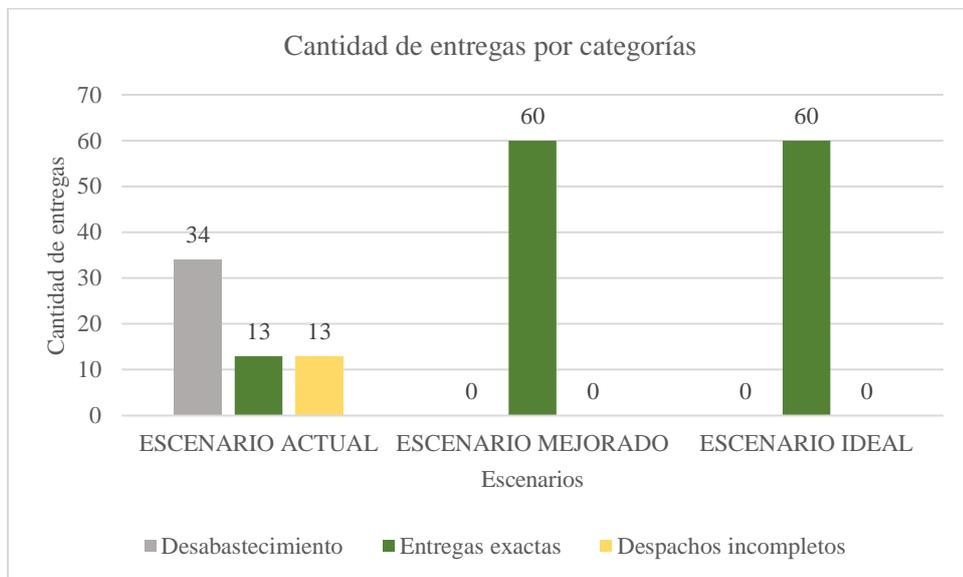


Figura 3.1: Cantidad de entregas realizadas por categorías según los distintos escenarios planteados:

En el escenario actual hubo un 56.67% de desabastecimiento en las 12 semanas que se planteó esta simulación, mientras que el modelo optimiza los recursos y radica a 0% el desabastecimiento en los otros dos escenarios (mejorado e ideal). También se puede ver en la figura 3.1 que el 21.67% de las entregas son completadas y el otro porcentaje salen incompletas las órdenes, mientras que en los otros dos escenarios las entregas se completan al 100%, tal como se requiere cumplir en los requerimientos de diseño.

De igual forma con esta información generada por el modelo se puede calcular el indicador ambiental, como se estipuló en el capítulo 2, para calcular el porcentaje de emisión de CO₂ se debe multiplicar el total de compras por las 12 semanas por la huella de carbono del pallet. Esto dio como resultado que comparando el escenario actual con el ideal se ha logrado reducir el 26.99% de las emisiones en las 12 semanas, superando lo estimado por el cliente que era 5% al mes, véase la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Emisiones de CO₂ comparando los tres escenarios propuestos

Emisiones de CO₂ (Kg de CO₂) /12 semanas			
	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO MEJORADO	ESCENARIO IDEAL
Unidades compradas (pallets/12 semanas)	6900	8616	5038
Huella de carbono del pallet (Kg de CO₂/pallet)	27	27	27
TOTAL EMISIONES DIRECTAS (Kg de CO₂) /12 semanas	186300	232632	136026

El segundo resultado importante que arroja el modelo es la cantidad de inventario disponible al final de la jornada, lo que permite conocer el valor real de los pallets que se encuentran dentro del CD y no hacer suposiciones que no permiten corroborar la información. En la figura 3.2 se puede ver como el inventario disponible se mantiene bajo las primeras 8 semanas y luego se incrementa, esto es porque las demandas disminuyeron las últimas 4 semanas por lo que no era necesario comprar, sin embargo, el escenario actual si realizó compras porque no tenían un control como lo dio el modelo.

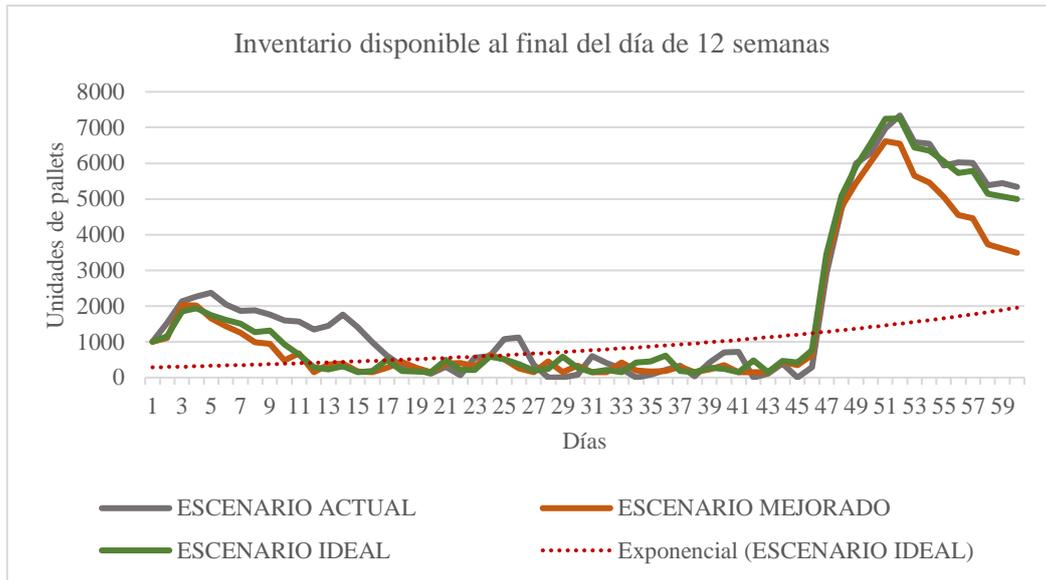


Figura 3.2: Inventario disponible al final del día comparaciones con los demás escenarios

El tercer resultado importante que arroja GAMS, son los costos totales y los individuales, en costos se puede ver cuánto dinero se ahorra el cliente utilizando el modelo de GAMS con todas las actualizaciones correspondientes. En la tabla 3.3 se coloca la información detallada de los costos por semana, estos son los resultados que arrojan la simulación.

Tabla 3.3: Información de 12 semanas de costos totales de los tres escenarios

Semana	Costo total (\$/semana)		
	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO MEJORADO	ESCENARIO IDEAL
22	\$ 9,776.80	\$ 7,635.10	\$ 7,547.98
23	\$ 13,030.05	\$ 9,825.55	\$ 5,642.30
24	\$ 10,931.05	\$ 11,468.15	\$ 7,319.33
25	\$ 15,270.25	\$ 16,973.15	\$ 7,112.35
26	\$ 12,262.15	\$ 8,029.50	\$ 7,282.35
27	\$ 12,397.70	\$ 16,983.35	\$ 12,848.98
28	\$ 5,192.25	\$ 11,661.95	\$ 6,107.65
29	\$ 9,035.60	\$ 17,076.85	\$ 16,693.08
30	\$ 7,217.80	\$ 5,091.05	\$ 1,415.68
31	\$ 17,625.20	\$ 17,101.15	\$ 18,494.16
32	\$ 44,143.10	\$ 24,933.90	\$ 28,336.59
33	\$ 32,367.65	\$ 16,861.45	\$ 22,705.63
TOTAL	\$ 189,249.60	\$ 163,641.15	\$ 141,506.05

Es importante mencionar que los costos del escenario actual ya tienen la penalización mencionada, este valor es de \$468.80 este valor se definió con el cliente, y se colocó en los costos generales del escenario actual porque en los otros escenarios no hay desabastecimiento. Aquí se coloca el indicador económico, que busca medir cuánto desabastecimiento existe y permite tener un control de los recursos. Para determinar los ahorros que realmente tendría la aplicación del modelo en nuestro proyecto se sumaron todos los costos y se comparó, véase la tabla 3.4 y el APÉNDICE E.

Tabla 3.4: Resultado de costos totales comparando los tres escenarios

Costos	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO MEJORADO	ESCENARIO IDEAL
Costo del personal			
Costo total	\$ 12,180.80	\$ 12,180.80	\$ 17,400.00
Costo de servicio			
Costo total	\$ 114.00	\$ 3,889.20	\$ 3,889.20
Costo de operaciones			
Costo del pedido (dólares)	\$ 14,000.00	\$ 17,000.00	\$ 10,000.00
Costo de falta de existencias (dólares)	\$ 15,939.20	\$ -	\$ -
Costo de mantener inventario (dólares)	\$ 100,660.40	\$ 78,505.15	\$ 91,114.05
Costo del SKU (dólares)	\$ 58,650.00	\$ 68,136.00	\$ 40,392.00
Costo total (dólares)	\$ 189,249.60	\$ 163,641.15	\$ 141,506.05
Ahorros			
TOTAL	\$ 201,544.40	\$ 179,711.15	\$ 162,795.25
Ahorro		\$ 21,833.25	\$ 38,749.15

El resultado de la simulación nos dio que alrededor de \$21,833.25 se arroja el CD si implementa solo el modelo de GAMS, mientras que si aplica el escenario mejorado hay un ahorro de \$38,749.15.

Como parte final del análisis se tomó en consideración la simulación del flujo del proceso físico en la herramienta *Flexim*, de todos los parámetros planteados el que se analizó fue la cantidad de operadores en el área de reparación, ya que, se quiso conocer si al aumentar el número de reparadores a dos personas habría una diferencia en la cantidad de pallets reparados por día. Como resultado se obtuvo que no hay diferencia entre tener 1 o 2 reparadores ya que en promedio en el día se repararía la misma cantidad de pallets, y esto se debe a que existen otros flujos que no hacen llegar los pallets al área de reparación el mismo día, si no que los pallets se quedan en verificación y si se contrata otro reparador estaría libre más de la mitad de su tiempo. Véase la figura 3.3 y APÉNDICE H.

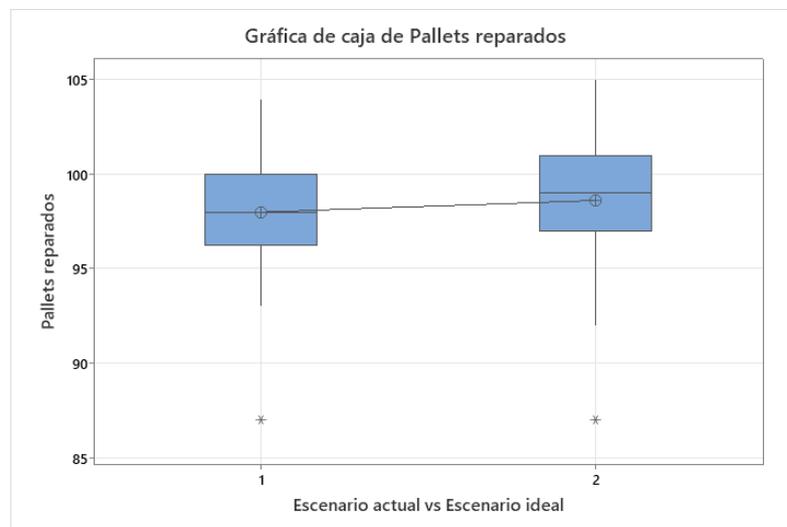


Figura 3.3: Análisis de medias del escenario actual vs escenario ideal en la reparación de pallets

Capítulo 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El objetivo de este proyecto fue diseñar un sistema de gestión y control de inventario que facilite la información de entradas y salidas del inventario para poder tomar decisiones de compra y despachos, es así como se tomó en consideración aplicar un Sistema de control y gestión de pallets con información digitalizada mediante modelo GAMS. Como primer objetivo específico fue diseñar el modelo que cumpla con todos los requerimientos y restricciones, para ello se planteó recolectar la información con Formularios de Google, que luego pasaban automáticamente a una plataforma de Excel, la cual estaba unida con el modelo de GAMS que minimizaba costos y optimizaba los recursos. El segundo objetivo fue analizar la fiabilidad de los datos recolectados, esto se hizo con herramientas como análisis de medias y ajustes de promedio en Minitab, que permitieron tener datos que fueran confiables para generar resultados, y como tercer objetivo específico se tiene realizar la simulación con la herramienta, lo cual se dio ya que se plantearon dos escenarios para hacer comparaciones con el escenario actual.
- Uno de los requerimientos específicos era lograr cumplir el 100% de los despachos a los clientes externos e internos, esto se logró ya que el modelo optimizaba los recursos al punto que no permite el desabastecimiento durante las jornadas de trabajo, sino que logra cumplir con todos los pedidos generando mínimas órdenes de compra.
- Era importante para el CD conocer la cantidad y el día de generar una orden de compra, por lo que el modelo de inventario muestra los días a comprar y la

cantidad mínima de pedido para minimizar los costos, y no incurrir en penalizaciones de hasta \$15,939.20 por no despachar completamente los pedidos.

- Se simuló el flujo del proceso de entrada y salida de pallets en Flexim con el fin de conocer si era necesario aumentar el personal a dos reparadores, se concluye que no hay necesidad de aumentar los reparadores ya que un solo reparador puede llegar a reparar un promedio de 110 unidades de pallets diariamente, sin embargo, en el análisis que se hizo con el modelo ideal solo se llegó a colocar hasta 100 unidades de pallets por día, teniendo un costo en el área de reparación de \$8,400, pero que no afectan al ahorro que igual se tendría por el nuevo control de pallet.
- El modelo permite minimizar los costos y las ordenes mínimas de compra y al comparar con el escenario actual y el demás escenario los ahorros que se tienen son: ahorro del escenario actual vs escenario mejorado es de \$21,833.25 solo si se implementa el modelo de GAMS sin ningún cambio, mientras que si aplica el escenario mejorado con las nuevas políticas de reparación y retornos hay un ahorro de \$38,749.15.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere explorar alternativas para utilizar el modelo de inventario mediante SOLVER de Excel, enfocándose en incluir únicamente el formato y la información necesarios para su procesamiento. Esta medida ayudaría a minimizar posibles errores que puedan ocurrir durante el procesamiento manual de la información por parte del personal asignado. Además, reduciría significativamente el tiempo requerido para procesar los datos mediante la manipulación manual, eliminando el proceso de transferir datos desde Excel a GAMS. Esta acción representa una oportunidad de mejora para el futuro del

sistema propuesto, lo que implicaría una mayor reducción en los tiempos de implementación y en los costos de inversión.

- Ratificar la información generadas en el modelo de inventario GAMS con la realidad, a través del ingreso actualizado y continuo de la información del sistema de gestión de pallets, con el fin de lograr resultados lo más confiables posible. Para este objetivo, se aconseja designar un equipo específico encargado de validar los datos de manera regular.
- También se sugiere implementar una mejora DMAIC en el área de reparación para analizar las razones detrás de la falta de cumplimiento del contrato establecido entre la empresa y el proveedor de reparación. De esta forma, se fomenta el crecimiento y la mejora de las habilidades del personal encargado de reparar los pallets, con el objetivo de reducir la cantidad de pallets comprados para satisfacer la demanda según los estándares establecidos. Este enfoque contribuiría al aumento de la productividad de la empresa al asignar a las personas adecuadas a las tareas en las que destacan. Además, impulsaría el desarrollo profesional del personal, incrementando su nivel de satisfacción laboral y contribuyendo a mejorar el entorno de trabajo en toda la empresa.
- Llevar a cabo evaluaciones periódicas sobre la aplicación del conocimiento de los operarios en relación a las técnicas apropiadas de clasificación de pallets en buen y mal estado.
- Reforzar de manera positiva el conocimiento práctico de los operarios respecto a las técnicas adecuadas de clasificación de pallets en buen y mal estado.

5. REFERENCIAS

- Argüeso, B. (30 de Octubre de 2019). *Maderea*. Obtenido de Maderea: <https://www.maderea.es/la-huella-de-carbono-de-los-embalajes-de-madera/>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2012). *Supply Chain Managment: Strategy, planning, and operation*. *Pearson*.
- FlexSim México. (s.f.). *FlexSim problem solved*. Obtenido de FlexSim problem solved: <https://www.flexsim.com.mx/>
- GAMS Development Corporation. (s.f.). *GAMS*. Obtenido de GAMS: <https://www.gams.com/about/company/>
- Jorge Sierra y Acosta, M. V. (2015). *Administracion de almacenes y control de inventario*. Servicios Académicos Internacionales.
- Pérez Mantilla, F. A., & Torres, F. (2014). Inventory models with deteriorating items: A literature review. *Ingeniería*, 9-40.
- Valerio Elia, M. G. (2015). *Designing an effective closed loop system for pallet management*. *International Journal of Production Economics*: 730-740.
- Winston, W. &. (2003). Introduction to Mathematical Programming. En W. L. Winston, *Operations Research: Volume One* (págs. 512-539). Pacific Grove, CA: Thomson Cop.
- X. Zhu, R. Z. (2014). A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre. *Journal of Applied Research and Technology*, 270-278.

ANEXOS

APÉNDICE B

Tabla de los datos recolectados en 12 semanas

		Unidad de pallets por día					
SEMANA	DIA	Despachos clientes internos	Despachos clientes externos	Demanda de clientes	Inventario disponible	Reparaciones	Retornos de clientes
22	5/29/2023	585	0	300	820	58	0
	5/30/2023	190	165	600	668	60	22
	5/31/2023	0	139	300	370	60	0
	6/1/2023	150	143	300	310	0	19
	6/2/2023	150	82	600	135	60	0
23	6/6/2023	410	113	300	348	53	20
	6/7/2023	600	0	600	275	50	21
	6/8/2023	300	20	300	230	0	20
	6/9/2023	375	0	300	120	0	21
	6/12/2023	300	0	300	210	0	45
24	6/13/2023	0	291	300	200	70	10
	6/14/2023	300	200	300	380	50	0
	6/15/2023	293	40	600	260	58	6
	6/16/2023	0	0	300	335	50	0
	6/19/2023	750	0	600	400	0	41
25	6/20/2023	700	162	300	270	60	0
	6/21/2023	570	120	600	265	43	0
	6/22/2023	450	143	600	125	0	0
	6/23/2023	550	0	300	294	0	8
	6/26/2023	300	120	900	490	55	0
26	6/27/2023	360	0	300	360	53	38

	6/28/2023	540	150	600	428	52	20
	6/29/2023	0	0	600	577	0	49
	6/30/2023	580	0	300	580	55	6
	7/3/2023	0	162	600	0	45	10
27	7/4/2023	0	13	300	0	55	61
	7/5/2023	650	224	600	153	35	13
	7/6/2023	550	17	300	100	50	22
	7/7/2023	0	165	300	203	55	17
	7/10/2023	100	101	600	100	51	45
28	7/11/2023	120	72	300	100	63	19
	7/12/2023	900	83	900	100	45	5
	7/13/2023	300	3	300	50	50	13
	7/14/2023	320	43	300	300	43	27
	7/17/2023	200	98	300	355	0	5
29	7/18/2023	180	37	300	180	52	0
	7/19/2023	0	122	600	100	43	7
	7/20/2023	700	0	900	400	32	21
	7/21/2023	0	77	300	425	33	6
	7/22/2023	180	0	900	210	0	0
30	7/24/2023	85	105	300	235	0	0
	7/25/2023	940	15	600	200	57	21
	7/26/2023	500	36	600	500	51	35
	7/27/2023	300	0	300	505	60	0
	7/28/2023	900	54	900	900	58	0
31	7/31/2023	600	77	600	2940	55	37
	8/1/2023	300	101	300	2100	55	0
	8/2/2023	300	48	300	1290	0	21
	8/3/2023	0	35	600	1105	52	43
	8/4/2023	900	18	900	1227	25	0
32	8/7/2023	500	59	600	505	27	20

	8/8/2023	165	20	600	165	0	18
	8/9/2023	750	185	900	415	0	0
	8/10/2023	450	0	600	240	47	0
	8/11/2023	815	90	600	165	0	0
33	8/14/2023	0	73	600	166	45	0
	8/15/2023	220	0	300	120	51	0
	8/16/2023	805	0	900	120	50	0
	8/17/2023	105	0	300	105	40	40
	8/18/2023	300	0	300	100	60	60

Muestra de datos obtenidos para la validación de la demanda histórica

Despachos y requerimientos (pallets/semanales)				
Mes	Despachos de clientes internos	Despachos de clientes externos	Despachos esperados	Despachos reales
Semana 22	1075	529	1604	2100
Semana 23	1985	133	2118	1800
Semana 24	1343	531	1874	2100
Semana 25	2570	545	3115	2700
Semana 26	1480	312	1792	2400
Semana 27	1300	520	1820	2100
Semana 28	1840	299	2139	2100
Semana 29	1060	236	1296	3000
Semana 30	2725	210	2935	2700
Semana 31	2100	279	2379	2700
Semana 32	2680	354	3034	3300
Semana 33	1430	73	1503	2400
TOTAL	21588	4021	25609	29400

Muestra de ajuste de retornos de cliente interno para verificar la confianza de los datos

Despachos y retornos (pallets/semanales)				
Mes	Despachos de clientes internos	Retornos recibidos	Porcentaje de retornos reales	Retornos esperados
Semana 22	529	41	7.75%	196
Semana 23	133	127	95.49%	49
Semana 24	531	57	10.73%	196
Semana 25	545	8	1.47%	202
Semana 26	312	123	39.42%	115
Semana 27	520	158	30.38%	192
Semana 28	299	69	23.08%	111
Semana 29	236	34	14.41%	87
Semana 30	210	56	26.67%	78
Semana 31	279	101	36.20%	103
Semana 32	354	38	10.73%	131
Semana 33	73	100	136.99%	27
PROMEDIO	335	76	36.11%	124

Muestra de ajuste de reparaciones para verificar la confianza de los datos

Mes	Reparaciones colocadas	Reparaciones verificadas
Semana 22	238	235
Semana 23	233	230
Semana 24	223	220
Semana 25	163	160
Semana 26	163	160
Semana 27	103	100
Semana 28	120	120
Semana 29	120	120
Semana 30	178	175
Semana 31	228	225
Semana 32	228	225
Semana 33	218	215
TOTAL	2215	2185

APÉNDICE C

Formularios para el registro de la información

1. **Información de pallets en CD:** Esta información la llena el encargado del área de estiba para conocer con cuantos pallets pueden iniciar la jornada de trabajo, aquí se colocan los pallets estándar y taco alto que haya, y los que se recojan de los reparados.

Formulario 01: Información de pallets en CD

Información de pallets en CD

Aquí colocamos la cantidad de pallets que llegó al centro de distribución con toda la información

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo *

2. Fecha: *

Ejemplo: 7 de enero del 2019

3. Total de pallet disponible al inicio de la jornada (Pallets estándar): *

4. Pallets taco alto en buen estado *

Información del CD

5. Total de pallet a reparar *

6. Total de pallet desechado *

7. Total de pallet para arranque de operación: *

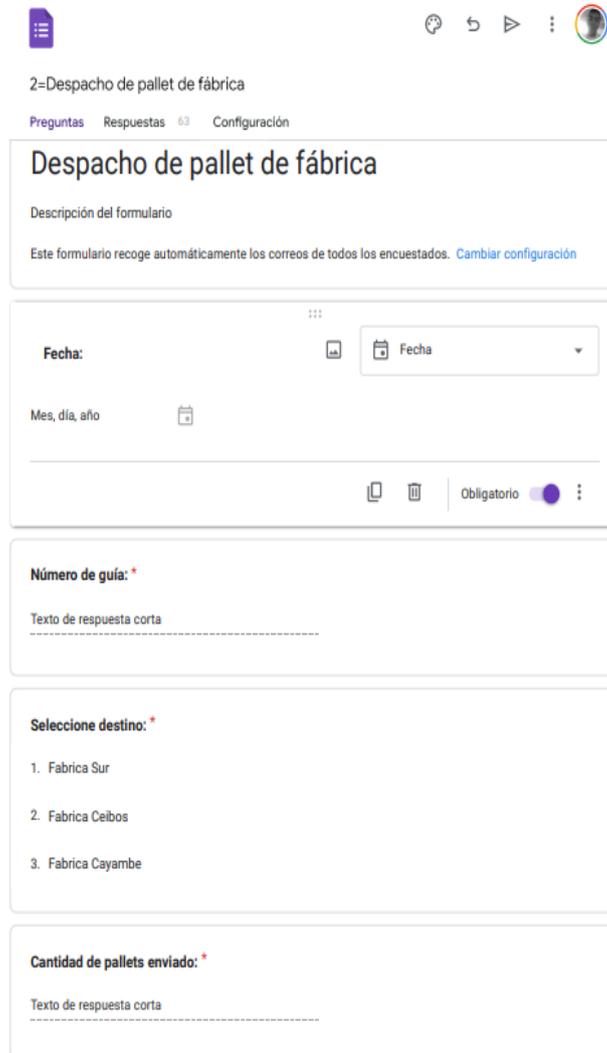
8. Total de reparados del día anterior: *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

s://docs.google.com/forms/d/1BucQ-JJRVMhVW1Cg40CX3TOHySZ4qhtC3BPfR1Vq77/edit

2. **Despacho de pallets de fábricas:** esta información la llena el encargado del despacho, aquí debe colocar el número de guía, el destino del pallet y la cantidad de pallets enviados.

Formulario 02: Despacho de pallet de fábrica



The image shows a Google Forms interface for a form titled "2=Despacho de pallet de fábrica". The form is currently in the "Configuración" (Configuration) stage, as indicated by the breadcrumb "Preguntas Respuestas 63 Configuración".

The form title is "Despacho de pallet de fábrica". Below the title is a description: "Descripción del formulario" and "Este formulario recoge automáticamente los correos de todos los encuestados. [Cambiar configuración](#)".

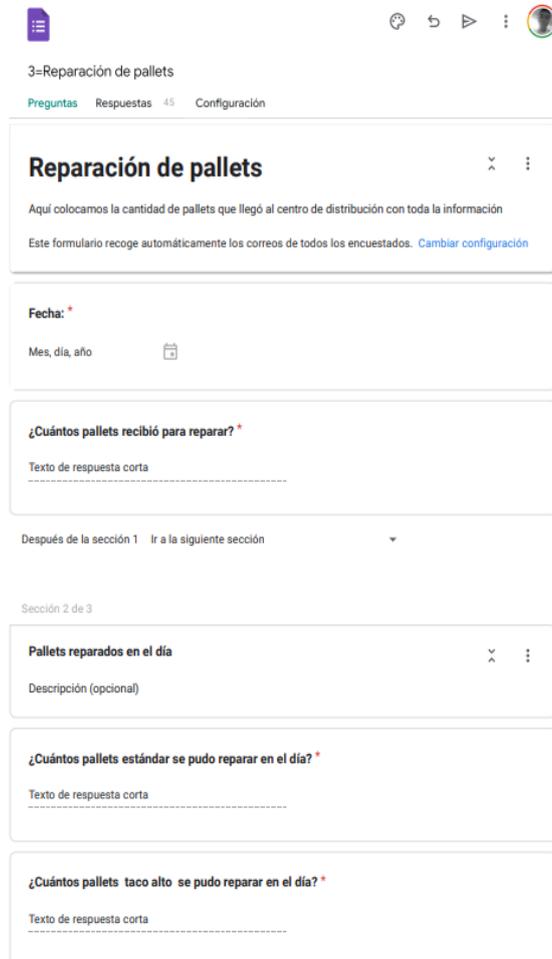
The form contains several fields:

- Fecha:** A date selection field with a calendar icon and a dropdown menu labeled "Fecha". Below it, the text "Mes, día, año" is visible.
- Número de guía:** A required field (marked with a red asterisk) for a short text response.
- Seleccione destino:** A required field (marked with a red asterisk) for a list selection. The options are:
 1. Fabrica Sur
 2. Fabrica Ceibos
 3. Fabrica Cayambe
- Cantidad de pallets enviado:** A required field (marked with a red asterisk) for a short text response.

At the bottom of the form, there are icons for a document, a trash can, and a toggle switch labeled "Obligatorio" (Required), which is currently turned on.

3. **Reparación de pallets:** esta información la llena el encargado del área de reparación, dónde deberá colocar cuántos pallets le llegaron al inicio del día, los pallets reparados y los pallets desechados.

Formulario 03: Reparación de pallets



The image shows a Google Forms interface for a form titled "Reparación de pallets". At the top, there are navigation icons for home, back, forward, and a profile picture. Below the title, there are tabs for "Preguntas", "Respuestas" (with a count of 45), and "Configuración". The form content is as follows:

- Section 1:** Titled "Reparación de pallets". It contains a description: "Aquí colocamos la cantidad de pallets que llegó al centro de distribución con toda la información. Este formulario recoge automáticamente los correos de todos los encuestados. [Cambiar configuración](#)".
- Field 1:** "Fecha: *". A date picker field with the placeholder text "Mes, día, año".
- Field 2:** "¿Cuántos pallets recibió para reparar? *". A short-answer text field with the placeholder "Texto de respuesta corta".
- Navigation:** A dropdown menu with the text "Después de la sección 1 Ir a la siguiente sección".
- Section 2:** Titled "Pallets reparados en el día". It contains a description: "Descripción (opcional)".
- Field 3:** "¿Cuántos pallets estándar se pudo reparar en el día? *". A short-answer text field with the placeholder "Texto de respuesta corta".
- Field 4:** "¿Cuántos pallets taco alto se pudo reparar en el día? *". A short-answer text field with the placeholder "Texto de respuesta corta".

4. **Saneamiento de pallets recibidos:** esta información la llena el encargado de recibir los pallets vacíos, como los pallets llegan de los clientes deben tener una verificación extra, por eso se debe colocar el cliente que hizo la devolución, el número de guía y la cantidad de pallets devueltos.

Formulario 04: Saneamiento de pallet recibido



The image shows a screenshot of a survey form titled "4-Saneamiento de pallet recibido". The form is displayed in a preview mode with a toolbar at the top containing icons for refresh, back, forward, and a user profile. Below the title, there are tabs for "Preguntas", "Respuestas", and "Configuración". The main content area is titled "Saneamiento de pallet recibido" and includes a description: "Aquí colocamos la cantidad de pallets que llegó al centro de distribución con toda la información" and "Este formulario recoge automáticamente los correos de todos los encuestados. [Cambiar configuración](#)".

The form consists of several sections:

- Fecha:** A required field with a calendar icon and the placeholder text "Mes, día, año".
- Seleccione destino:** A required field with four radio button options: "El rosado", "Favorita", "Tuti", and "Difare".
- ¿Cuántos pallets devolvió el cliente?:** A required field with a "Texto de respuesta corta" input area.

At the bottom of the form, there is a navigation bar with the text "Después de la sección 1 Ir a la siguiente sección" and a dropdown arrow. Below this, it indicates "Sección 2 de 4". The final section is titled "Pallets en buen estado" and has a "Descripción (opcional)" input area.

APÉNDICE D

Tabla detallada de costos totales de los tres escenarios

- Formato control:** Esta es la hoja que muestra la mayor cantidad de información necesaria del centro de distribución, ya que se puede ver la cantidad de pallets en operación, reparación, disponibilidad, compras, retornos, despachos y desalojos. Es importante recalcar que toda esta información es el resumen de las demás pestañas donde llega la información directamente.

Fecha	Seman	Stock en Ubicación	% OCUPACION	Stock en Operación	Stock de Compra	Stock Reparación	Stock Disponibil	Stock Total	Despacho Fabrica Sur	Despacho Fabrica Celbos	Retornos Fabrica Sur	Retornos Fabrica Celbos	Pallets desalojado	Pallets reparar
1/6/2023	22	13731	59,70%	200	0	370	310	14611	0	150	189	133	4	60
2/6/2023	22	14347	62,38%	200	0	255	135	14937	0	150	194	135	5	60
6/6/2023	23	14570	63,35%	200	0	210	348	15328	90	320	313	177	10	56
7/6/2023	23	14758	64,16%	200	500	170	275	15403	300	300	297	189	0	50
8/6/2023	23	14915	64,85%	200	0	160	230	15505	165	135	330	156	24	90
9/6/2023	23	15382	66,88%	200	0	125	120	15827	255	120	231	201	15	60
12/6/2023	24	15459	67,21%	200	0	90	210	15959	0	300	263	113	12	50
13/6/2023	24	15290	66,48%	200	0	155	200	15845	0	0	258	154	5	70
14/6/2023	24	15442	67,14%	200	0	140	380	16162	150	150	295	160	9	50
15/6/2023	24	15564	67,67%	200	0	75	260	16099	293	0	338	202	7	58
16/6/2023	24	15628	67,94%	200	0	30	335	16193	0	0	268	196	14	50
19/6/2023	25	15737	68,42%	200	250	30	400	16367	550	200	0	43	0	35
20/6/2023	25	15389	66,04%	200	400	95	270	15754	550	150	209	156	3	60
21/6/2023	25	13671	59,44%	200	400	30	265	14186	270	300	367	202	8	43
22/6/2023	25	14135	61,45%	200	0	20	125	14480	300	150	323	159	11	40
23/6/2023	25	14693	63,88%	200	250	70	294	15257	250	300	326	156	10	80
26/6/2023	26	14888	64,73%	200	0	110	490	15688	0	300	218	177	0	55
27/6/2023	26	14792	64,31%	200	0	150	360	15502	300	60	408	152	4	53
28/6/2023	26	14861	64,61%	200	0	155	0	15216	300	240	396	170	7	52
29/6/2023	26	14596	63,46%	200	900	75	577	15448	0	0	379	157	8	69
30/6/2023	26	14784	64,28%	200	0	40	580	15604	300	280	315	158	15	55
3/7/2023	27	15578	67,73%	200	0	70	0	15848	0	0	592	271	5	45
4/7/2023	27	15795	68,67%	200	0	76	0	16071	0	0	232	109	7	55
5/7/2023	27	16106	70,02%	200	600	123	153	16582	400	250	204	157	9	35
6/7/2023	27	16003	69,58%	200	250	30	100	16333	250	300	299	159	10	50
7/7/2023	27	16207	70,46%	200	0	30	0	16457	0	0	470	203	15	55
10/7/2023	28	16583	72,10%	200	0	60	100	16943	100	0	224	89	0	51
11/7/2023	28	16569	72,04%	200	0	80	100	16949	120	0	420	179	12	63
12/7/2023	28	17068	74,21%	200	250	40	100	17408	600	300	393	200	0	45
13/7/2023	28	17288	75,16%	200	0	60	50	17598	300	0	386	178	0	50

- Datos de reparación:** En esta hoja llega la información del formulario 3, y es dónde se verifica cuanta cantidad de pallets faltan por reparar, y el porcentaje de desalojo.

Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Fecha:	¿Cuántos pallets recibió para reparar?	¿Cuántos pallets estándar se pudo reparar en el día?	¿Cuántos pallets taco alto se pudo reparar en el día?	¿Cuántos pallets estándar desechado?	¿Cuántos pallets taco alto desechado?	Stock faltante	Eficiencia de reparación	Porcentaje de desalojo
8/1/23 9:49 PM	natasha.quezada58@gmail.com	1/6/2023	370	20	40	3	1	306	16,22%	1,08%
8/1/23 9:51 PM	natasha.quezada58@gmail.com	2/6/2023	255	50	10	0	5	496	19,20%	1,96%
8/1/23 9:52 PM	natasha.quezada58@gmail.com	6/6/2023	210	33	23	10	0	640	21,08%	4,76%
8/1/23 9:54 PM	natasha.quezada58@gmail.com	7/6/2023	170	25	25	0	0	760	22,49%	0,00%
8/1/23 9:56 PM	natasha.quezada58@gmail.com	8/6/2023	160	40	50	14	10	806	27,12%	15,00%
8/1/23 9:57 PM	natasha.quezada58@gmail.com	9/6/2023	125	0	60	0	15	856	29,15%	12,00%
8/1/23 10:00 PM	natasha.quezada58@gmail.com	12/6/2023	90	50	0	12	0	884	30,87%	13,33%
8/1/23 10:02 PM	natasha.quezada58@gmail.com	13/6/2023	155	40	30	0	5	964	32,31%	3,23%
8/1/23 10:02 PM	natasha.quezada58@gmail.com	14/6/2023	140	40	10	6	3	1045	32,60%	6,43%
8/1/23 10:03 PM	natasha.quezada58@gmail.com	15/6/2023	75	38	20	4	3	1055	34,51%	9,33%
8/1/23 10:03 PM	natasha.quezada58@gmail.com	16/6/2023	30	50	0	14	0	1021	36,74%	46,67%
8/1/23 10:04 PM	natasha.quezada58@gmail.com	19/6/2023	30	10	25	0	0	1016	38,07%	0,00%
8/1/23 10:05 PM	natasha.quezada58@gmail.com	20/6/2023	95	30	30	2	1	1048	39,32%	3,16%
8/1/23 10:06 PM	natasha.quezada58@gmail.com	21/6/2023	50	10	33	5	3	1047	40,51%	16,00%
8/1/23 10:06 PM	natasha.quezada58@gmail.com	22/6/2023	20	0	40	4	7	1016	42,13%	55,00%
8/1/23 10:07 PM	natasha.quezada58@gmail.com	23/6/2023	70	60	20	0	10	996	44,60%	14,29%
8/1/23 10:07 PM	natasha.quezada58@gmail.com	26/6/2023	110	55	0	0	0	1051	44,87%	0,00%
8/1/23 10:08 PM	natasha.quezada58@gmail.com	27/6/2023	150	33	20	3	1	1144	44,25%	2,67%
8/1/23 10:09 PM	natasha.quezada58@gmail.com	28/6/2023	155	42	10	4	3	1240	43,58%	4,52%
8/1/23 10:09 PM	natasha.quezada58@gmail.com	29/6/2023	75	45	24	3	5	1238	45,01%	10,67%
8/1/23 10:10 PM	natasha.quezada58@gmail.com	30/6/2023	40	35	20	15	0	1208	46,45%	37,50%
8/1/23 10:11 PM	natasha.quezada58@gmail.com	3/7/2023	70	43	2	5	0	1238	46,92%	7,14%
8/2/23 7:21 AM	natasha.quezada58@gmail.com	4/7/2023	76	50	5	4	3	1242	47,63%	9,21%
8/2/23 7:22 AM	natasha.quezada58@gmail.com	5/7/2023	123	20	15	6	3	1321	46,80%	7,32%
8/2/23 7:22 AM	natasha.quezada58@gmail.com	6/7/2023	30	30	20	8	2	1291	48,05%	33,33%
8/2/23 7:23 AM	natasha.quezada58@gmail.com	7/7/2023	50	45	10	10	5	1271	49,11%	30,00%
8/2/23 7:24 AM	natasha.quezada58@gmail.com	10/7/2023	60	38	13	0	0	1280	49,83%	0,00%
8/2/23 7:25 AM	natasha.quezada58@gmail.com	11/7/2023	80	16	47	4	8	1285	50,59%	15,00%
8/2/23 7:25 AM	natasha.quezada58@gmail.com	12/7/2023	40	25	20	0	0	1280	51,39%	0,00%
8/2/23 7:30 AM	natasha.quezada58@gmail.com	13/7/2023	60	25	25	0	0	1290	51,99%	0,00%

- **Datos de salida a fábrica:** En esta hoja llega la información del formulario 2, luego estos datos son colocados en la pestaña de Formato de control y Fábrica.

Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Fecha:	Número de guía:	Seleccione destino:	Cantidad de pallets enviado:
1/8/2023 17:17	mmflaquito.13@gmail.com	1/6/2023	G1	Fabrica Sur	0
1/8/2023 17:17	mmflaquito.13@gmail.com	1/6/2023	G2	Fabrica Ceibos	150
1/8/2023 17:18	mmflaquito.13@gmail.com	2/8/2023	G3	Fabrica Sur	0
1/8/2023 17:18	mmflaquito.13@gmail.com	2/6/2023	G4	Fabrica Ceibos	150
1/8/2023 17:19	mmflaquito.13@gmail.com	6/6/2023	G5	Fabrica Sur	90
1/8/2023 17:19	mmflaquito.13@gmail.com	6/6/2023	G6	Fabrica Ceibos	320
1/8/2023 17:20	mmflaquito.13@gmail.com	7/6/2023	G7	Fabrica Sur	300
1/8/2023 17:20	mmflaquito.13@gmail.com	7/6/2023	G8	Fabrica Ceibos	300
1/8/2023 17:21	mmflaquito.13@gmail.com	8/6/2023	G9	Fabrica Sur	165
1/8/2023 17:22	mmflaquito.13@gmail.com	8/6/2023	G10	Fabrica Ceibos	135
1/8/2023 17:23	mmflaquito.13@gmail.com	9/6/2023	G11	Fabrica Sur	255
1/8/2023 17:24	mmflaquito.13@gmail.com	9/6/2023	G12	Fabrica Ceibos	120
1/8/2023 17:25	mmflaquito.13@gmail.com	12/6/2023	G13	Fabrica Sur	0
1/8/2023 17:25	mmflaquito.13@gmail.com	12/6/2023	G14	Fabrica Ceibos	300
1/8/2023 17:29	mmflaquito.13@gmail.com	14/6/2023	G15	Fabrica Sur	150
1/8/2023 17:29	mmflaquito.13@gmail.com	14/6/2023	G16	Fabrica Ceibos	150
1/8/2023 17:30	mmflaquito.13@gmail.com	15/6/2023	G17	Fabrica Sur	293
1/8/2023 17:30	mmflaquito.13@gmail.com	19/6/2023	G18	Fabrica Sur	550
1/8/2023 17:30	mmflaquito.13@gmail.com	19/6/2023	G19	Fabrica Ceibos	200
1/8/2023 17:31	mmflaquito.13@gmail.com	20/6/2023	G20	Fabrica Sur	550
1/8/2023 17:31	mmflaquito.13@gmail.com	20/6/2023	G21	Fabrica Ceibos	150
1/8/2023 17:32	mmflaquito.13@gmail.com	21/6/2023	G22	Fabrica Sur	270
1/8/2023 17:32	mmflaquito.13@gmail.com	21/6/2023	G23	Fabrica Ceibos	300
1/8/2023 17:32	mmflaquito.13@gmail.com	22/6/2023	G24	Fabrica Sur	300
1/8/2023 17:32	mmflaquito.13@gmail.com	22/6/2023	G25	Fabrica Ceibos	150
1/8/2023 17:33	mmflaquito.13@gmail.com	23/6/2023	G27	Fabrica Sur	250
1/8/2023 17:33	mmflaquito.13@gmail.com	23/6/2023	G28	Fabrica Ceibos	300
1/8/2023 17:34	mmflaquito.13@gmail.com	26/6/2023	G29	Fabrica Ceibos	300
1/8/2023 17:34	mmflaquito.13@gmail.com	27/6/2023	G30	Fabrica Sur	300
1/8/2023 17:34	mmflaquito.13@gmail.com	27/6/2023	G31	Fabrica Ceibos	60
1/8/2023 17:35	mmflaquito.13@gmail.com	28/6/2023	G32	Fabrica Sur	300

- **Fábrica:** En esta hoja se coloca la información que se lleva para los registros de las entradas y salidas de pallets de fábrica. De la misma manera se coloca la demanda que la fábrica tenga en la semana para de esta forma ver el cumplimiento de los despachos.

SALIDA/ENTRADA DE PALLETS CLIENTE INTERNO													PALLETS NO DEVUELTOS				
Fecha	Semana	DEMANDA FABRICAS			DESPACHO FABRICAS			RETORNO FABRICAS			% DESPACHO	% RETORNO	TOTAL DESPACHOS	% Cumplimiento	164%	111%	0%
		Fabrica Sur	Fabrica Ceibos	Fabrica Cayambe	Fabrica Sur	Fabrica Ceibos	Fabrica Cayambe	Fabrica Sur	Fabrica Ceibos	Fabrica Cayambe				Total	Fabrica Sur	Fabrica Ceibos	Fabrica Cayambe
1/6/2023	22	300	250	0	0	150	0	189	133	27%	215%	150	-189	17	0		
2/6/2023	23	600	100	0	0	150	0	194	135	21%	219%	150	-194	15	0		
6/6/2023	23	300	100	450	90	320	0	313	177	48%	120%	410	-223	143	0		
7/6/2023	23	600	300	0	300	300	0	297	189	67%	81%	600	3	111	0		
8/6/2023	23	300	0	150	165	135	0	330	156	67%	162%	300	-165	-21	0		
9/6/2023	23	300	250	0	255	120	0	231	201	68%	115%	375	24	-81	0		
12/6/2023	24	300	100	0	0	300	0	263	113	75%	125%	300	-263	187	0		
13/6/2023	24	450	175	450	0	0	0	238	154	0%	0%	0	-238	-154	0		
14/6/2023	24	450	100	0	150	150	0	295	160	55%	152%	300	-145	-10	0		
15/6/2023	24	450	200	150	293	0	0	338	202	37%	184%	293	-45	-202	0		
16/6/2023	24	450	150	0	0	0	0	268	196	0%	0%	0	-268	-196	0		
19/6/2023	25	300	125	0	550	200	0	0	43	176%	6%	750	550	157	0		
20/6/2023	25	300	175	450	550	150	0	209	156	76%	52%	700	341	-6	0		
21/6/2023	25	375	137.5	0	270	300	0	367	202	111%	100%	570	-97	98	0		
22/6/2023	25	450	137.5	150	300	150	0	323	159	61%	107%	450	-23	-9	0		
23/6/2023	25	450	150	0	250	300	0	326	156	92%	88%	550	-76	144	0		
26/6/2023	26	450	175	0	0	300	0	218	177	48%	132%	300	-218	123	0		
27/6/2023	26	375	137.5	450	300	60	0	408	152	37%	156%	360	-108	-92	0		
28/6/2023	26	300	150	0	300	240	0	396	170	120%	105%	540	-96	70	0		
29/6/2023	26	337.5	156.25	150	0	0	0	379	157	0%	0%	0	-379	-157	0		
30/6/2023	26	412.5	137.5	0	300	280	0	315	198	105%	88%	580	-15	82	0		
3/7/2023	27	450	143.75	0	0	0	0	592	271	0%	0%	0	-592	-271	0		
4/7/2023	27	450	162.5	450	0	0	0	232	109	0%	0%	0	-232	-109	0		
5/7/2023	27	412.5	156.25	0	400	250	0	204	157	114%	56%	650	196	93	0		
6/7/2023	27	337.5	143.75	150	250	300	0	299	159	87%	83%	550	-49	141	0		
7/7/2023	27	338.75	153.125	0	0	0	0	470	203	0%	0%	0	-470	-203	0		
10/7/2023	28	375	146.875	0	100	0	0	224	89	19%	313%	100	-124	-89	0		
11/7/2023	28	431.25	140.625	450	120	0	0	420	179	12%	499%	120	-400	-179	0		
12/7/2023	28	450	153.125	0	600	300	0	393	200	149%	66%	900	207	100	0		
13/7/2023	28	431.25	159.375	150	300	0	0	386	178	41%	188%	300	-86	-178	0		

- **Datos pallets en CD:** En esta hoja se informa del formulario 1, y se colocan en la pestaña de Formato de control.

Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Fecha:	Pallets estándar	Pallets taco alto	Total de pallet por reparar	Total de pallet desechado	Total de pallet para arranque de operación
1/8/2023 17:49	mmflaquito.13@gmail.com	1/6/2023	310	24	370	0	200
1/8/2023 17:52	mmflaquito.13@gmail.com	2/6/2023	135	0	255	1	200
1/8/2023 17:56	mmflaquito.13@gmail.com	6/6/2023	348	0	210	2	200
1/8/2023 18:01	mmflaquito.13@gmail.com	7/6/2023	275	58	170	0	200
1/8/2023 18:03	mmflaquito.13@gmail.com	8/6/2023	230	100	230	1	200
1/8/2023 18:04	mmflaquito.13@gmail.com	9/6/2023	120	55	125	0	200
1/8/2023 18:10	mmflaquito.13@gmail.com	12/6/2023	210	65	90	1	200
1/8/2023 18:11	mmflaquito.13@gmail.com	13/6/2023	200	100	155	2	200
1/8/2023 18:11	mmflaquito.13@gmail.com	14/6/2023	380	44	140	0	200
1/8/2023 18:29	mmflaquito.13@gmail.com	15/6/2023	260	100	75	0	200
1/8/2023 18:29	mmflaquito.13@gmail.com	16/6/2023	335	200	30	0	200
1/8/2023 18:33	mmflaquito.13@gmail.com	19/6/2023	400	200	30	0	200
1/8/2023 18:34	mmflaquito.13@gmail.com	20/6/2023	270	100	95	0	200
1/8/2023 18:35	mmflaquito.13@gmail.com	21/6/2023	265	200	50	0	200
1/8/2023 18:37	mmflaquito.13@gmail.com	22/6/2023	125	200	20	0	200
1/8/2023 18:38	mmflaquito.13@gmail.com	23/6/2023	294	200	70	0	200
1/8/2023 18:39	mmflaquito.13@gmail.com	26/6/2023	490	200	110	0	200
1/8/2023 18:39	mmflaquito.13@gmail.com	27/6/2023	360	200	150	0	200
1/8/2023 18:40	mmflaquito.13@gmail.com	28/7/2023	428	200	155	0	200
1/8/2023 18:40	mmflaquito.13@gmail.com	29/6/2023	577	200	75	0	200
1/8/2023 18:41	mmflaquito.13@gmail.com	30/6/2023	580	200	40	0	200
1/8/2023 18:42	mmflaquito.13@gmail.com	3/7/2023	0	200	70	1	200
1/8/2023 18:42	mmflaquito.13@gmail.com	4/7/2023	0	200	76	0	200
1/8/2023 18:43	mmflaquito.13@gmail.com	5/7/2023	153	200	123	0	200
1/8/2023 18:43	mmflaquito.13@gmail.com	6/7/2023	100	200	30	0	200
1/8/2023 20:09	mmflaquito.13@gmail.com	10/7/2023	100	200	60	0	200
1/8/2023 20:09	mmflaquito.13@gmail.com	11/7/2023	100	200	80	0	200
1/8/2023 20:10	mmflaquito.13@gmail.com	12/7/2023	100	200	40	0	200
1/8/2023 20:11	mmflaquito.13@gmail.com	13/7/2023	50	200	60	0	200
1/8/2023 20:11	mmflaquito.13@gmail.com	14/7/2023	300	200	40	0	200
1/8/2023 20:12	mmflaquito.13@gmail.com	17/7/2023	355	200	75	0	200

- **Modelo:** Esta hoja vincula mediante macros la exportación de datos y la importación de resultados del modelo de GAMS, la información se puede colocar a mano o generar automáticamente colocando la fecha.

DATOS PARA GAMS											SEMANA PRESENTE					LIMPIAR TODO
INDICE	FECHA	SEMANA	Despacho a fábrica	Despacho a clientes	Stock disponible al inicio del día	Reparaciones	Stock de seguridad	Retornos de clientes (pallets a vacíos listos a usar)	Cantidad a ordenar	Stock mínimo al final del día						
11	17/7/2023	29	600	143	355	0	300	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
12	18/7/2023	29	300	143	180	52	0	10	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
13	19/7/2023	29	600	134	100	43	200	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
14	20/7/2023	29	600	131	400	32	0	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
15	21/7/2023	29	900	111	425	33	300	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
16	24/7/2023	30	600	97	235	0	0	10	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
17	25/7/2023	30	872	83	200	57	200	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
18	26/7/2023	30	843	70	500	51	0	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
19	27/7/2023	30	799	103	505	60	300	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						
110	28/7/2023	30	971	118	1328	60	0	0	AL NOMBRE?	AL NOMBRE?						

SEMANA PRESENTE											LIMPIAR TODO
Demanda de Fabricas Semana presente											29
Totales	600	300	600	600	900	9000					
Demanda de Clientes Semana presente											
Totales	143	143	134	131	111	662					
SEMANA ENTRANTE											30
Demanda de Fabricas Semana entrante											
FCA SUR	300	300	300	600	600	2100					
FCA CERROS	0	300	300	0	300	900					
FCA CAVAMBE	300	372	243	199	71	1085					
Totales	600	672	843	799	971	4085					
Demanda de Clientes Semana entrante											
Totales	97	83	70	103	118	471					

EXPORTAR DATOS AL MODELO						COSTO DE LA POLITICA DE INVENTARIO		\$	-	VER RESULTADOS	LIMPIAR RESULTADOS
Dr.	r	LT	P1	P1							
XXX	1%	2	8.5	300							

APÉNDICE E

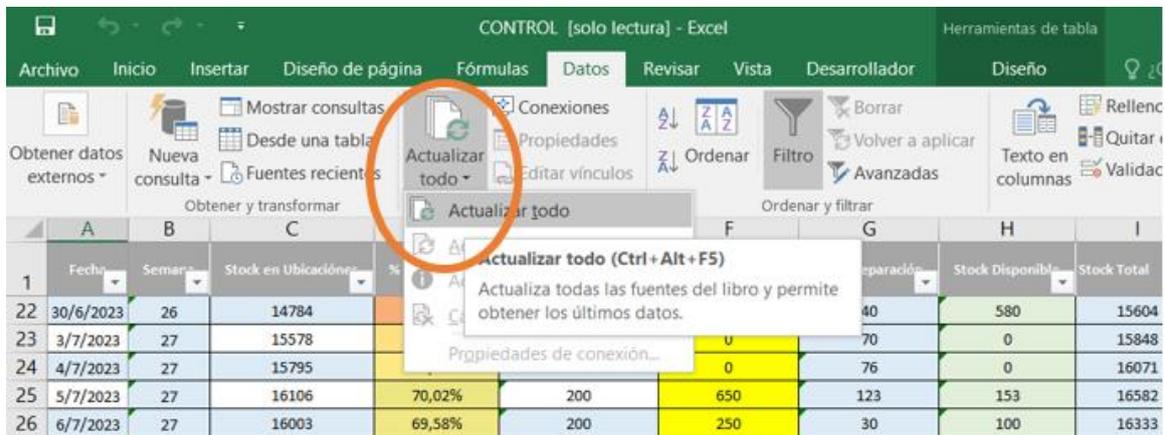
Tabla detallada de costos totales de los tres escenarios

Costos	ESCENARIO ACTUAL	ESCENARIO MEJORADO	ESCENARIO IDEAL
Costo del persona			
Jefe de transporte y distribución	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
Gerente del Centro de Distribución	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00
Reparador de pallets	\$ 3,180.80	\$ 3,180.80	\$ 8,400.00
Operador de almacén principal	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
Costo total (dólares)	\$ 12,180.80	\$ 12,180.80	\$ 17,400.00
Costo de servicios			
Internet	\$ 114.00	\$ 114.00	\$ 114.00
Costo de capacitación (\$) por persona		\$ 25.20	\$ 25.20
Licencia de GAMS	\$ -	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Licencia de office 365	\$ -	\$ 150.00	\$ 150.00
Mantenimiento preventivo de software	\$ -	\$ 100.00	\$ 100.00
Costo total (dólares)	\$ 114.00	\$ 3,889.20	\$ 3,889.20
Costos operativos			
Costo del pedido (dólares)	\$ 14,000.00	\$ 17,000.00	\$ 10,000.00
Costo de falta de existencias (dólares)	\$ 15,939.20	\$ -	\$ -
Costo de mantener inventario (dólares)	\$ 100,660.40	\$ 78,505.15	\$ 91,114.05
Costo del SKU (dólares)	\$ 58,650.00	\$ 68,136.00	\$ 40,392.00
Costo total (dólares)	\$ 189,249.60	\$ 163,641.15	\$ 141,506.05
Ahorros			
TOTAL GENERAL COST	\$ 201,544.40	\$ 179,711.15	\$ 162,795.25
Ahorros		\$ 21,833.25	\$ 38,749.15

APÉNDICE F

Guía para el uso del modelo

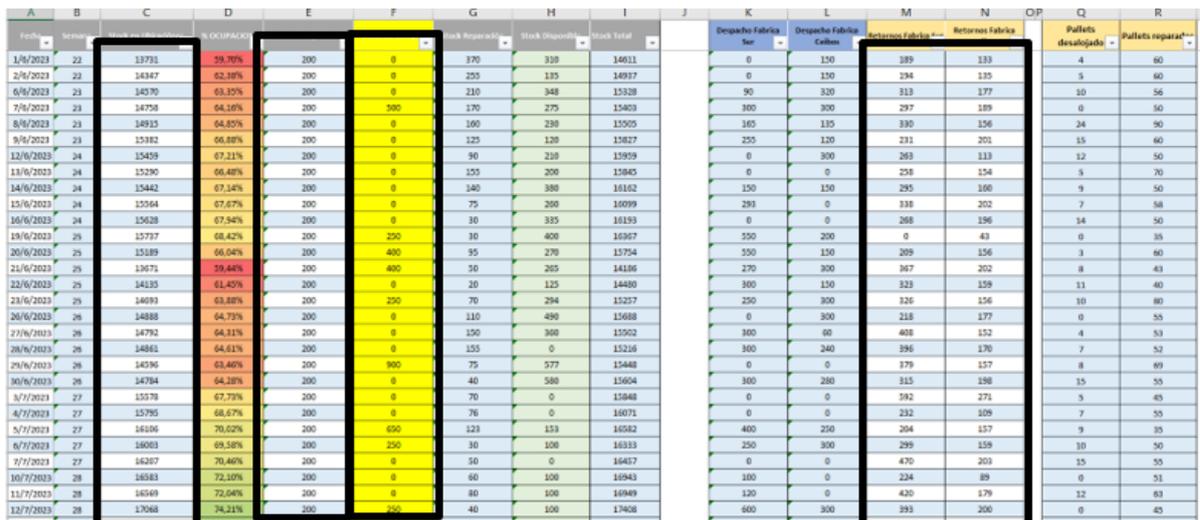
1. Abrir la aplicación Google Form desde un dispositivo móvil
2. Llena el formulario
3. Abrimos el archivo Excel “CONTROL”
4. Actualizamos la base de datos con las respuestas de los formularios.



Actualizar todo (Ctrl+Alt+F5)
Actualiza todas las fuentes del libro y permite obtener los últimos datos.

	A	B	C	F	G	H	I
1	Fecha	Semana	Stock en Ubicación	%	Reparación	Stock Disponible	Stock Total
22	30/6/2023	26	14784		40	580	15604
23	3/7/2023	27	15578		70	0	15848
24	4/7/2023	27	15795		0	76	16071
25	5/7/2023	27	16106	70,02%	200	650	16582
26	6/7/2023	27	16003	69,58%	200	250	16333

5. Llenamos la información necesaria manualmente en la hoja “FORMATO CONTROL”



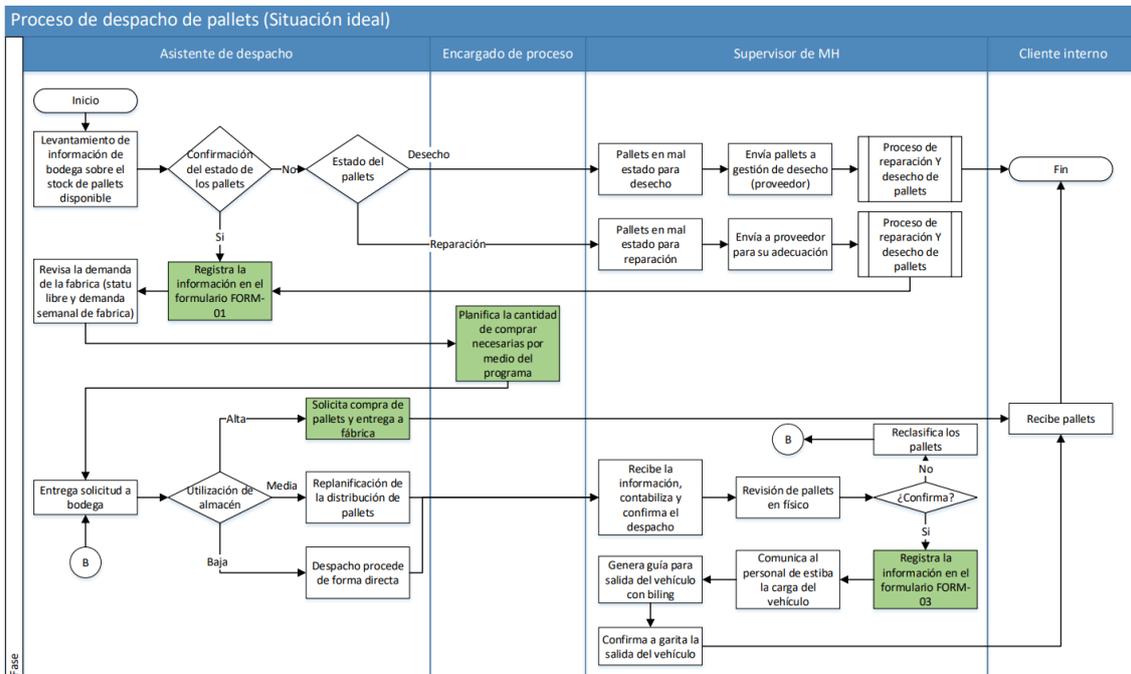
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	OP	Q	R
Fecha	Semana	LOCPACK	Stock Reparación	Stock Disponible	Stock Total	Despacho Fábrica Ser	Despacho Fábrica Colón	Retornos Fábrica	Pallets devueltos	Pallets reparados						
1/6/2023	22	13731	29,70%	200	0	370	339	14011	4	60						
2/6/2023	22	14347	52,38%	200	0	255	135	14937	5	60						
6/6/2023	23	14570	53,25%	200	0	210	348	15238	10	56						
7/6/2023	23	14758	54,16%	200	300	170	275	15403	0	30						
8/6/2023	23	14913	54,85%	200	0	160	230	15505	24	30						
9/6/2023	23	15182	66,88%	200	0	125	120	15827	15	60						
13/6/2023	24	15459	67,21%	200	0	90	230	15959	12	50						
13/6/2023	24	15290	66,48%	200	0	155	200	15843	3	70						
14/6/2023	24	15442	67,14%	200	0	140	380	16162	9	50						
15/6/2023	24	15564	67,67%	200	0	75	200	16099	7	58						
16/6/2023	24	15628	67,54%	200	0	30	335	16159	14	50						
19/6/2023	25	15737	68,42%	200	250	30	400	16367	0	35						
20/6/2023	25	15189	66,04%	200	400	95	270	15754	3	60						
21/6/2023	25	15671	70,44%	200	400	30	265	14186	8	43						
22/6/2023	25	14135	61,45%	200	0	20	125	14430	11	40						
23/6/2023	25	14693	63,88%	200	250	70	294	15227	10	80						
26/6/2023	26	14888	64,73%	200	0	110	490	15688	0	55						
27/6/2023	26	14792	64,31%	200	0	150	360	15502	4	53						
28/6/2023	26	14861	64,61%	200	0	155	0	15216	7	52						
29/6/2023	26	14596	63,40%	200	900	75	577	15448	8	69						
30/6/2023	26	14784	64,28%	200	0	40	580	15604	15	55						
1/7/2023	27	15578	67,73%	200	0	70	0	15848	5	45						
4/7/2023	27	15795	68,67%	200	0	70	0	16071	7	55						
5/7/2023	27	16106	70,02%	200	650	123	153	16582	9	35						
6/7/2023	27	16003	69,58%	200	250	30	100	16333	10	50						
7/7/2023	27	16207	70,46%	200	0	50	0	16467	15	55						
10/7/2023	28	16583	72,10%	200	0	60	100	16943	0	51						
11/7/2023	28	16549	72,04%	200	0	80	100	16949	12	63						
13/7/2023	28	17068	74,21%	200	0	40	100	17408	0	45						

6. Exportamos los datos del modelo a GAMS

APÉNDICE G

Proceso de despacho de pallets

Durante el proceso de despacho de mercancías, el supervisor designado instruye a los operadores para que trasladen la mercancía a la zona de picking correspondiente. Cuando llega el camión, se procede a cargarlo, dependiendo de si la mercancía se despacha en pallets o a granel. En el primer caso, una vez que el cliente recibe su producto, devuelve los pallets de acuerdo al contrato establecido con la empresa. El supervisor los cuenta al recibirlos y, en caso de que haya algún faltante, lo comunica al cliente. Luego, el operador descarga los pallets en el patio. En ambos casos, una vez que los pallets están vacíos y apilados en el patio, se realiza una desinfección de los pallets retornados para evitar la proliferación de bacterias que puedan afectar al almacén, después de eso el operador los traslada a su área de almacenamiento.



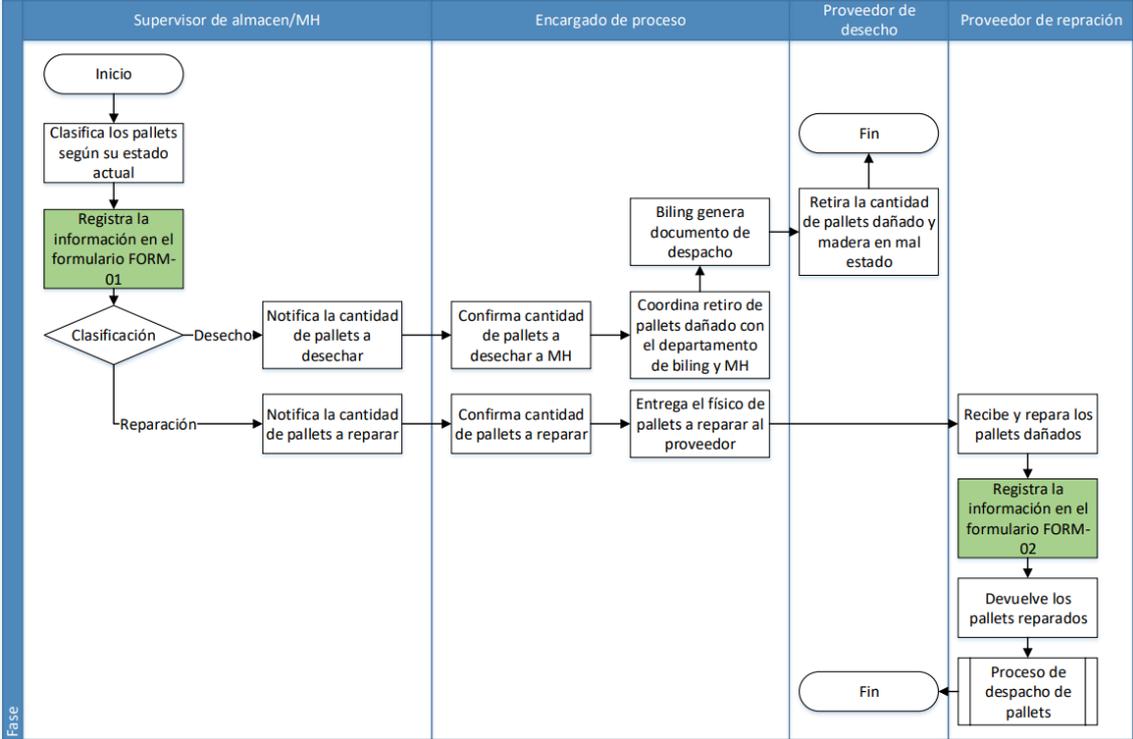
Proceso de reparación y desecho de pallets

El Supervisor de almacén/MH se traslada hacia el área de pallets (pasillo 33), donde se realiza la clasificación de aquellos que se encuentran en mal estado. Estos pallets son entregados de inmediato al proveedor responsable de las reparaciones, que se llevan a cabo dentro de las instalaciones y los pallets en buen estado son enviados al área de almacenamiento o para operaciones del CD.

El primer paso que sigue el proveedor es examinar minuciosamente cada pallet entregado para determinar cuáles requieren reparación o deben ser desechados. Luego, se realizan las operaciones necesarias, que incluyen las reparaciones y la destrucción de los pallets no recuperables.

Los pallets que han sido reparados se apilan en columnas de 15 niveles y se trasladan a la zona de pallets mediante un montacargas o una transpaleta que opera el Supervisor de almacén/MH. Por otro lado, los pallets destinados a la eliminación son desmontados para recuperar piezas en buen estado que puedan utilizarse en futuras reparaciones. Finalmente, el proveedor de reparación documenta y entrega un informe diario que detalla los pallets que han sido reparados al Supervisor de almacén/MH.

Proceso de reparación y desecho de pallets (Situación ideal)



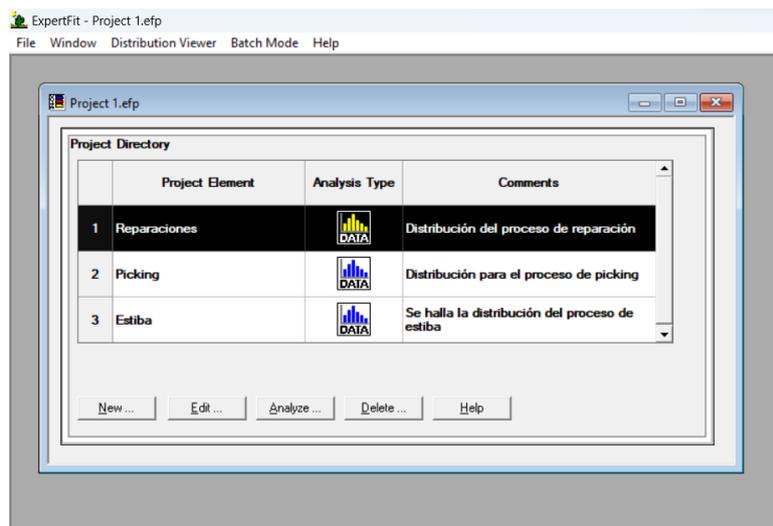
Fase

APÉNDICE H

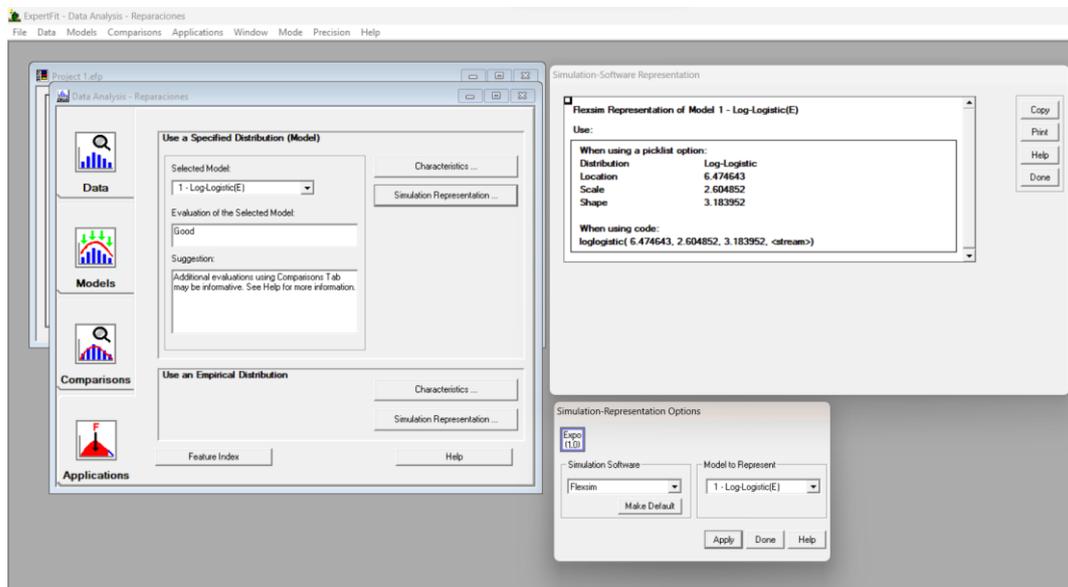
Construcción de la simulación en Flexim

Primero se hallaron las distribuciones de los tres procesos más importantes: proceso de reparación, proceso de *picking* y proceso de estiba. Esto se lo hizo por medio de *Expertfit* que es una herramienta que ayuda a encontrar distribuciones para luego colocarlas en *Flexim*. Los resultados que se obtuvieron para los proceso fueron los siguientes:

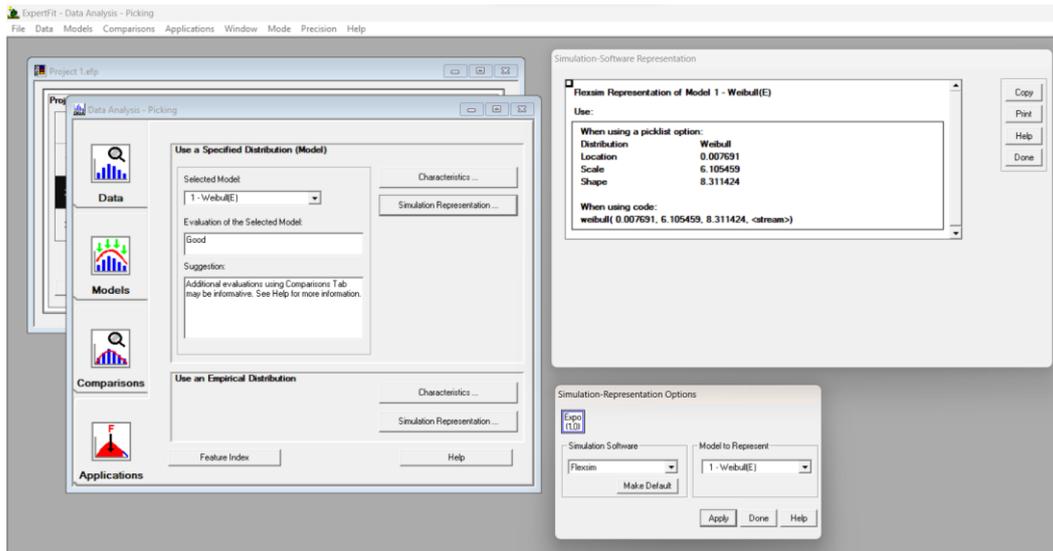
Pantalla principal de las distribuciones



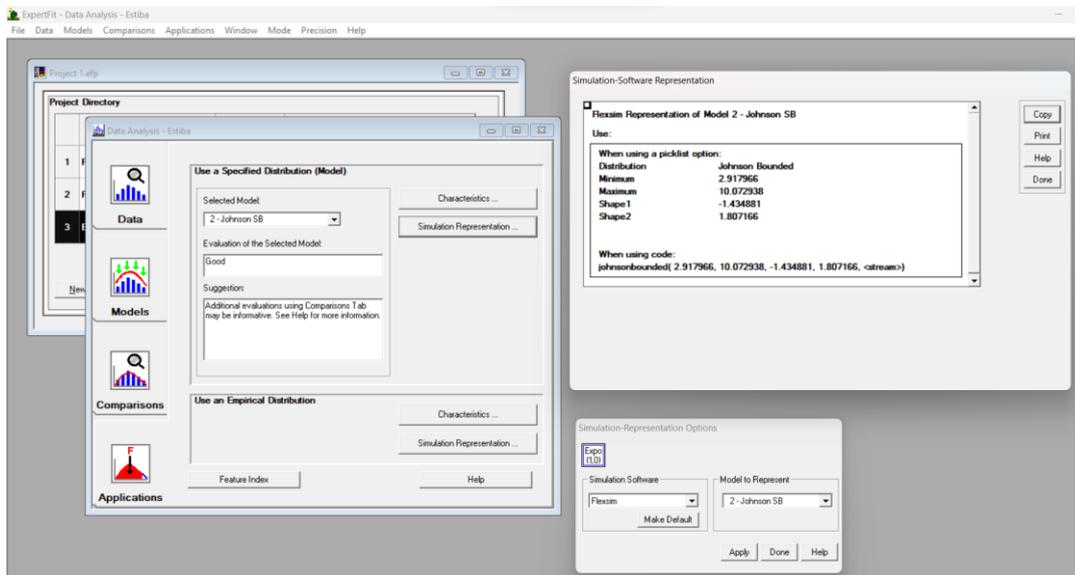
Proceso de reparación – Distribución Log-Logistic



Proceso de picking – Distribución Weibull

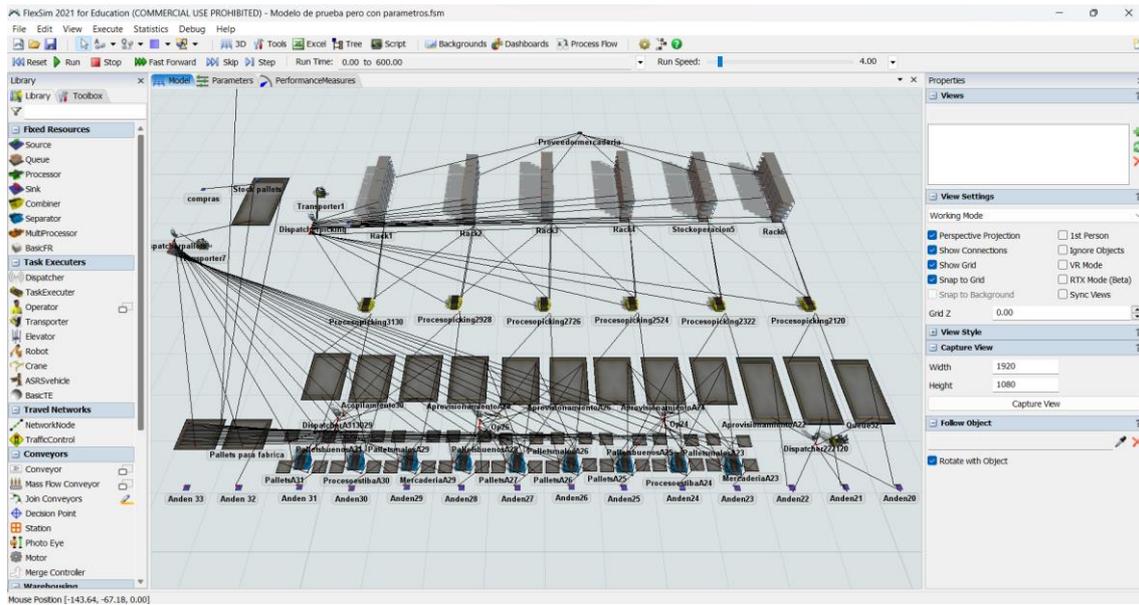


Proceso de estiba – Distribución Johnson Bounded

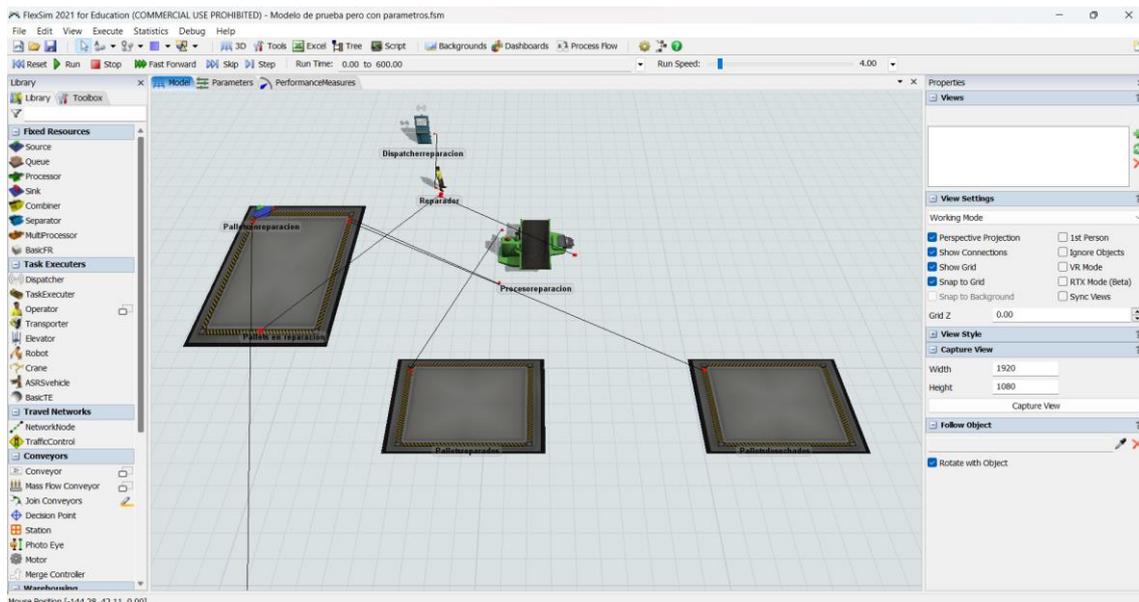


Luego se diseñó el entorno de para la simulación en Flexim, para ello se diagramó los operarios, el área del picking, despacho, reparación y se colocó todos los objetos en parámetros.

Entorno de área de picking y despacho



Entorno de área de reparación



Parámetros colocados con su nombre y descripción respectiva

Name	Value	Display Units	Description
DispOpEstiba1	3	operador	Personal de estiba al granel para Anden 31,30 y 29
DispOpEstiba2	3	operador	Personal de estiba al granel para Anden 28,27 y 26
DispOpEstiba3	3	operador	Personal de estiba al granel para Anden 25,24 y 23
DispOpEstiba4	1	montacarguista	Personal de estiba palletizado para Anden 22,21 y 20
DispPallets	1	montacarguista	Personal de operacion para llevar pallets vacíos
DispPicking	6	montacarguista	Personal de picking para todos los Andenes
DispReparacion	1	reparador	Personal de reparación
Palletsreparar	50	pallets	Pallets en espera a reparacion
Palletsstockdisp	100	pallets	Pallets en stock disponible para fábricas y operación
Palletsoperaciondisp	121	pallets	Pallets utilizados para la operación del día
UmbralReparacion	1	minutos	Variable de la distribucion Umbral del proceso de reparacion
EscalaReparacion	1	minutos	Variable de la distribucion Escala del proceso de reparacion
FormaReparacion	1	minutos	Variable de la distribucion Forma del proceso de reparacion
ProcesadoresReparacion	1	procesadores	Cantidad de procesadores en reparacion dependera del numero de reparadores
DañadosA31	40	porcentaje	Cantidad de pallets defectuosos A31
Pallets que van a reparación	40	porcentaje	Cantidad de pallets que van a reparación

Y cómo última parte está el uso de *Experimenter* donde de plantearon dos escenarios en la que los únicos cambios que se hicieron en los parámetros fueron para el área de reparación. Dónde se colocó que la cantidad de los reparadores sería de 1 y 2 personas correspondiente a cada escenario, tambien que el número de pallets disponibles debería ser como el ideal de 150 en el segundo escenario.

Escenarios para la simulación con Experimenter

Parameters	Scenario 1	Scenario 2
Parameters - DispOpEstiba1	3	3
Parameters - DispOpEstiba2	3	3
Parameters - DispOpEstiba3	3	3
Parameters - DispOpEstiba4	1	1
Parameters - DispPallets	1	2
Parameters - DispPicking	6	6
Parameters - DispReparacion	1	1
Parameters - Palletsreparar	100	100
Parameters - Palletsstockdisp	200	200
Parameters - Palletsoperaciondisp	121	150
Parameters - UmbralReparacion	6.47	6
Parameters - EscalaReparacion	2.60	2
Parameters - FormaReparacion	3.18	3
Parameters - ProcesadoresReparacion	1	1
Parameters - DañadosA31	40	40
Parameters - Pallets que van a reparación	40	40

Simulación completada

Simulation Experiment Control

Scenarios Experiment Run Optimizer Design Optimizer Run Optimizer Results Advanced

Reset Experiment

End Time 6:00:00 PM 8/25/2023 Save statistics data for each replication

Run Time 600.00 Minutes Save state after each replication

Replications per Scenario 60.00 Warmup 0.00 Minutes Restore original state after each replication

Experiment Status

Scenario 1 

Scenario 2 

View Results Export/Merge Results Export results after each replication