DISEÑO DE UN PLAN DE CALIDAD INTEGRAL PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA EN LA CADENA DE SUMINISTRO GARANTIZANDO LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE Y LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD ESTABLECIDOS EN MULTIMADERAS UBICADA EN POPAYÁN

Jose Manuel Bastidas Betancourt[1], Yuliana Guerrero Rodríguez[2]

1: Cauca, Corporación Universitaria Comfacauca, Colombia
2: Cauca, Corporación Universitaria Comfacauca, Colombia

Abstract

The paper describes a project focused on developing a comprehensive quality plan for Multimaderas, a wood production company in Popayán, Colombia, with the objective of improving operational efficiency and customer satisfaction while complying with quality standards. Using the SCOR model and statistical tools, the project identifies key areas for improvement in the supply chain, including procurement, production and distribution processes. Significant findings reveal the need for standardized quality control measures, improved employee training and the implementation of MultiApp, an innovative order management tool designed to streamline communication and interaction with customers.

Keywords: SCOR, calidad, cadena de suministro, Multimaderas, eficiencia

1. Introducción

En el entorno empresarial actual, caracterizado por una alta competitividad y globalización, la gestión logística eficiente se ha convertido en un elemento clave para el éxito y la sostenibilidad de las empresas. En el caso de Multimaderas, dedicada a la producción y comercialización de productos de madera, la implementación de un plan de calidad integral en la cadena de suministro integrado con indicadores mediante el modelo SCOR que representa una estrategia esencial para optimizar sus operaciones, mejorar la eficiencia operativa y garantizar la calidad en todas las etapas del proceso de producción y distribución. Este enfoque busca no solo cumplir con los estándares de calidad establecidos, sino también aumentar la satisfacción del cliente y fortalecer su competencia.

La madera es un material natural, resistente y versátil, compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que le da su estructura y durabilidad. Se clasifica en maderas blandas, como el pino, y duras, como el roble, siendo ideal para construcción, mobiliario y decoración por su trabajabilidad, resistencia y capacidad de aislamiento. Multimaderas realiza desde la recepción de troncos hasta la entrega del producto final, abarcando el corte, secado de la madera para garantizar su calidad y durabilidad. En la manufactura, transforma la madera en productos como tablas, adaptándose a las necesidades de los clientes. Los productos terminados se almacenan y distribuyen eficientemente a consumidores industriales y particulares.

Se utilizó una metodología estructurada en tres fases: diagnóstico, implementación y evaluación. Durante la fase de diagnóstico, se recopilaron datos clave sobre los procesos actuales mediante entrevistas, encuestas y observación directa, y se emplearon herramientas de análisis para identificar áreas de mejora. En la fase de implementación, se diseñaron intervenciones en el proceso productivo, se capacitó al personal y se monitorean indicadores clave de rendimiento (Scor) para medir los avances en la calidad del producto. La fase final consistió en la evaluación y ajuste de las estrategias implementadas, asegurando que los productos entregados cumplieron con las expectativas de los clientes, además, la implementación de la aplicación “MultiApp” modernizó la gestión de pedidos, facilitando la comunicación con el cliente final. Los hallazgos más importantes incluyen la identificación de problemas de variabilidad en el proceso, lo que llevó a realizar ajustes que mejoran la estabilidad y la confiabilidad del sistema logístico, como lo demuestra la mejora en las gráficas obtenidas con Minitab.

2. Revisión de literatura

2.1. Cadena de suministro de productos frescos en Cauca

El texto analiza la cadena de suministro del aguacate Hass en Cauca, Colombia, utilizando la metodología de dinámica de sistemas. El objetivo es identificar actores clave, mapear el flujo de productos e información, y evaluar los factores que afectan la eficiencia y sostenibilidad de la cadena. El proyecto busca mejorar la rentabilidad de los productores locales, optimizar los procesos logísticos, reducir costos y promover la sostenibilidad (Anacona Mopan et al., 2023, 1-19).

2.2. Logística inversa en el contexto de la Industria 5.0.

El proyecto se trata una metodología para optimizar la logística inversa en la Industria 5.0, integrando inteligencia artificial, IoT y automatización. Busca mejorar la eficiencia, sostenibilidad y trazabilidad de los flujos de devolución de productos, reduciendo costos y promoviendo prácticas responsables en la cadena de suministro. La Industria 5.0 sirve como marco para fomentar la colaboración humano-máquina, la personalización y la sostenibilidad (Dabo y Hosseinian-Fa, 2023, 1-26).

2.3. Procesos productivos y logísticos

El artículo analiza los esfuerzos de India para fortalecer su ecosistema logístico a través de la integración de múltiples modos de transporte. El objetivo es crear un sistema logístico más eficiente y cohesionado que combine carreteras, ferrocarriles, vías navegables y transporte aéreo. Mediante iniciativas gubernamentales, utiliza algoritmos genéticos y simulación para determinar que cargas parciales (54%-80%) son más eficientes, reduciendo costos y tiempos de inspección (Oleinik, Popov & Rogulin, 2020).

2.4. Investigación sobre compuestos avanzados de madera

El artículo aborda los avances en la investigación sobre compuestos de madera ecológicos para la construcción. Resalta cómo los compuestos tradicionales generan contaminación durante su fabricación y cómo las tecnologías ecológicas, como la unión sin adhesivos y el uso de aditivos ecológicos, están ganando importancia (Yang, Kang, Ye, Jiang, Zheng & Peng, 2023).

2.5. Optimización en producción

El artículo ofrece una revisión sobre los procesos de optimización en la fabricación de productos de madera, enfocándose en los aserraderos. Analiza las oportunidades y desafíos de la automatización y optimización en la producción, destacando la importancia de mejorar la eficiencia y reducir costos mediante tecnologías avanzadas. Revisando publicaciones, clasificando los hallazgos en oportunidades como: beneficios económicos, logros técnicos e incentivos ambientales, y desafíos como: limitaciones financieras, viabilidad técnica, satisfacción del cliente e incertidumbre (Hosseini, S. M., & Peer, A. 2022).

El artículo “Modelado y optimización de operaciones y logística para una cadena de suministro sostenible” aborda la importancia de la optimización para gestionar cadenas de suministro sostenibles, señalando las limitaciones de los métodos tradicionales ante desafíos complejos. Se presentan nuevos algoritmos metaheurísticos inspirados en la naturaleza, para mejorar la búsqueda de soluciones (Weber, G. W., Goli, A., & Tirkolaee, E. B. 2023).

2.6. Integración logística en la cadena de suministro

El estudio explora cómo la confianza, la satisfacción y el compromiso impactan la integración logística en las cadenas de suministro, utilizando la teoría de la dependencia de los recursos. Se concluyó que mayores niveles de estos factores con los proveedores de servicios logísticos (LSP) mejoran la integración logística, lo que a su vez mejora el desempeño de la cadena de suministro. (Kim, ST, Lee, HH y Hwang, T. (2020).

2.7. Calidad del servicio logístico y satisfacción del cliente

El estudio analiza cómo la calidad del servicio logístico (LSQ) impacta la satisfacción del cliente, enfocándose en los proveedores de logística de terceros en la industria alimentaria. Identifica siete dimensiones clave de LSQ y, mediante un análisis comparativo cualitativo de 150 empresas clientes, descubre tres configuraciones que generan alta satisfacción: gestionar discrepancias en los pedidos,

combinar varias dimensiones de LSQ como la calidad de la información y la precisión del pedido, o garantizar la presencia de todas las dimensiones de LSQ. (Gaudenzi, B., Confente, I., & Russo, I. (2020).

2.8. Gestión de la calidad

El estudio analiza cómo las capacidades operativas, la Gestión de la Calidad Total (TQM) y las prácticas de gestión de la cadena de suministro afectan el rendimiento de empresas fabricantes exportadoras. Utilizando Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM-PLS), se encontró que las capacidades operativas y las buenas prácticas de gestión de la cadena de suministro impactan positivamente el rendimiento organizacional. Además, la TQM media esta relación, apoyando la teoría de recursos. (Saragih et al., 2020).

El artículo “Medición del desempeño de la gestión de la calidad de la cadena de suministro: revisión sistemática” revisa el conocimiento sobre la medición del desempeño en la gestión de la calidad, clasificando las medidas en tres niveles: proveedor, cliente y empresa. Mediante una revisión sistemática, se identifican problemas comunes en la evaluación y gestión del rendimiento de la calidad. El estudio contribuye al campo al categorizar las medidas de rendimiento y sintetizar la investigación fragmentada en la gestión de la calidad. (Karamouz et al., 2020).

2.9. Gestión logística con IA y IoT

El artículo examina el impacto de la Inteligencia Artificial y el Internet de las Cosas en la eficiencia de la cadena de suministro. A través de un análisis histórico y la revisión de tendencias actuales como la analítica predictiva y el seguimiento en tiempo real, se predicen avances futuros como vehículos autónomos y blockchain. El estudio subraya la importancia de la innovación y la planificación estratégica para mejorar las operaciones logísticas con AI y IoT. (Krishnan et al., 2024).

El artículo “China, República Popular de: Proyecto de demostración de logística integrada de Chongqing” presenta un proyecto piloto, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones logísticas en la región. Este proyecto integra tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) para optimizar la cadena de suministro, reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Su finalidad es establecer un sistema logístico cohesionado y eficiente que sirva como modelo para otras regiones, promoviendo el desarrollo económico y la modernización. (Lu, Lanlan Sectors Group, 2023).

El documento titulado “El futuro de la logística en África: afrontar las disrupciones e innovar para alcanzar el éxito.” aborda el futuro de la logística en África, enfocándose en cómo el continente puede enfrentar disrupciones y aprovechar la innovación para lograr el éxito. Analiza los desafíos recientes, como la pandemia de COVID-19 y los cambios globales económicos, que han puesto de aliviar las vulnerabilidades de las cadenas de suministro africanas. Este proyecto combina tecnologías avanzadas, como inteligencia artificial, Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas de gestión de transporte (TMS). Se enfoca en mejorar la sostenibilidad, trazabilidad y eficiencia de los flujos de devolución de productos, reduciendo costos y fomentando prácticas responsables (Nganda, 2023).

2.10. Gestión sostenible de la cadena de suministro

El artículo investiga cómo la gestión sostenible de la cadena de suministro (SSCM) y la gestión de relaciones con clientes (CRM) afectan el desempeño organizacional (OP) y la ventaja competitiva (CA). Se encontró que SSCM y CRM tienen una relación significativa con el desempeño organizacional, mientras que la ventaja competitiva tiene una relación positiva, pero no significativa. Destaca la importancia de integrar CRM con SSCM para mejorar el desempeño organizacional. (Das & Hassan, 2021).

2.11. Fortalecimiento logístico

El artículo aborda los esfuerzos de India para fortalecer su ecosistema logístico mediante la integración de diferentes modos de transporte (carreteras, ferrocarriles, vías navegables y transporte aéreo). A través de iniciativas gubernamentales y colaboraciones público-privadas, India busca reducir los costos logísticos, mejorar la conectividad y aumentar su competitividad económica. El artículo destaca proyectos clave, inversiones en infraestructura y el uso de tecnologías avanzadas para optimizar la cadena de suministro. (Khatiwada, Sameer South Asia Department, 2021).

3. Métodos y procedimientos

Metodología

La metodología utilizada para abordar la mejora de los procesos empresariales se estructura en tres fases principales:

FASE 1: Determinar el estado actual de la cadena de suministro de la empresa Multimaderas.

- Caracterizar la cadena de suministros para identificar la red de interacción entre diferentes actores como lo son los proveedores, el transporte, el proceso de producción, los distribuidores y los consumidores finales.
- Recopilar datos relevantes sobre los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución.
- Realizar entrevistas y encuestas a los empleados clave involucrados en el control de calidad.
- Utilizar herramientas de análisis como el Diagrama de Ishikawa y el Análisis FODA para identificar áreas de mejora.

FASE 2: Implementar el nuevo plan de calidad integrado al modelo SCOR en Multimaderas.

- Planificar la implementación del sistema en fases, comenzando con áreas piloto antes de una adopción total.
- Sensibilizar al personal en el uso del nuevo sistema y las nuevas prácticas logísticas.
- Realizar el modelo SCOR en la empresa para analizar y medir el rendimiento de sus procesos internos relacionados con la cadena de suministro.
- Monitorear y medir los indicadores claves de rendimiento (SCOR) antes y después de la implementación para evaluar mejoras en la calidad del producto.

FASE 3: Evaluar mediante una aplicación móvil que cada entrega cumpla con los requisitos establecidos, reduciendo defectos y mejorando la satisfacción del cliente.

- Realizar una inspección final de la entrega antes de presentarla al cliente para asegurar que todos los requisitos establecidos se cumplan y que los defectos se hayan corregido.
- Obtener la aprobación del cliente sobre la entrega mediante la aplicación "*MultiApp*" para confirmar que cumple con sus expectativas y necesidades por medio de la aplicación diseñada.

4. Resultados y Discusión

4.1. Determinar el estado actual de la cadena de suministro de la empresa Multimaderas.

4.1.1. Caracterización de la cadena de suministro

La caracterización de la empresa Multimaderas se encuentra en el anexo 1. Ubicada en Popayán, Cauca, se desarrolla a partir de un análisis detallado de su operación en la variante sur, en la vía que conecta la ruta Pasto-Cali. Esta ubicación estratégica permite un fácil acceso tanto a proveedores de materia prima como a los principales corredores logísticos de la región. En su centro de acopio, Multimaderas gestiona actividades de almacenamiento, procesamiento, comercialización y distribución de diversos tipos de productos derivados de la madera.

Proveedores: Los municipios de Cajibío, Timbío y Tambo, ubicados en el departamento del Cauca, son las principales fuentes de suministro de madera para Multimaderas. En esta etapa, se obtienen los recursos naturales directamente desde los bosques. Los proveedores también juegan un papel clave en garantizar que la materia prima cumple con los estándares de sostenibilidad.

Transporte: Este eslabón conecta los proveedores con las instalaciones de la empresa. Camiones especializados transportan la madera en estado bruto desde las áreas de recolección hacia la bodega central. La logística de transporte debe considerar rutas eficientes, mantenimiento de los vehículos y cumplimiento de las regulaciones de carga. Además, se asegura la protección del material durante el trayecto para evitar daños o pérdidas.

Almacenaje: La bodega es un punto estratégico donde se reciben, clasifican y almacenan los troncos o piezas de madera. Este espacio es esencial para regular el flujo de materia prima hacia la producción, actuando como un buffer en caso de variaciones en la oferta o demanda. La gestión del almacenamiento incluye el uso de tecnologías para inventario, manejo adecuado de la madera para evitar su deterioro y cumplimiento de normas de seguridad.

Producción: Aquí se realizan los procesos industriales que convierten la madera en productos acabados o semi acabados. Esto puede incluir actividades como corte, ensamblado, lijado y acabado. En Multimaderas se adaptan estos procesos para atender las necesidades de sus clientes (ferreterías, muebles, constructoras, etc.) con estándares de calidad específicos. También se incorporan prácticas sostenibles, como el reciclaje de residuos de madera o la optimización del uso del material.

Distribución: Una vez que los productos terminados están listos, Multimaderas los pone a disposición de los clientes finales en sus instalaciones de producción. A diferencia de los modelos tradicionales, los clientes finales son los responsables de organizar y ejecutar el transporte de los bienes desde las instalaciones de Multimaderas hasta sus destinos.

Cliente final: Los clientes finales de Multimaderas incluyen ferreterías, mueblerías y constructoras, principales demandantes de productos derivados de la madera. También atiende a mayoristas que distribuyen la madera, la industria de empaques que utiliza madera para tarimas y cajas. Cada segmento requiere estándares específicos de calidad y funcionalidad, lo que permite a Multimaderas diversificar su oferta y consolidar su posición en el mercado.

En conjunto, esta cadena de suministro está diseñada para garantizar que los productos de Multimaderas lleguen desde el bosque hasta el cliente final de manera eficiente, sostenible y con los estándares de calidad requeridos.

4.1.2. Situación actual de la empresa

- Aprovisionamiento: El aprovisionamiento de materia prima lo realizan por medio de 3 proveedores del departamento del Cauca que están certificados; sin embargo, el proceso de selección de esta área es con una inspección visual y solo lo hace 1 persona, sin un proceso estandarizado el cual no permite desde un principio determinar completamente la calidad de las trozas o troncos de madera que son regularmente 37 por viaje.
- Producción: En esta área se producen 500 tablas diarias con ayuda de 3 máquinas con sus respectivas medidas, cada una está encargada de 2 operarios, durante las 8 horas laborales, no se realiza un control de calidad en esta área.
- Distribución: Por último, en la distribución de las tablas, cuando llegan los camiones a recibir el producto, lo más importante para la empresa es la cantidad, es decir, que esté completo el pedido, no hacen una última inspección de las tablas para determinar su calidad.

4.1.3. Encuestas a los funcionarios

En el anexo 2 se encuentra la entrevista en la cual se puede observar que el 90% de las respuestas son negativas, esto sugiere que hay una falta de control, gestión y cultura de calidad dentro del aserradero. Esto indica que es urgente implementar un plan de calidad integral para mejorar la calidad en todos los niveles, desde producción hasta el cliente final. Hay una ausencia de procedimientos claros para evaluar la calidad en cada etapa del proceso de producción. La falta de inspecciones y controles significa que los errores o defectos no se detectan a tiempo, lo que aumenta las probabilidades de que productos de baja calidad lleguen al cliente y por ende la cantidad de reclamaciones.

Respecto a la capacitación del personal, indican que los empleados no están adecuadamente preparados para implementar o mantener los estándares de calidad. Esto puede deberse a la falta de programas de formación o a una baja cultura de calidad en Multimaderas.

También nos muestra que los problemas de calidad no se manejan adecuadamente o que las reclamaciones de los clientes no son tratadas con eficacia, esto quiere decir que la empresa tampoco tiene un sistema robusto para gestionar la retroalimentación y mejorar. Los errores se pueden estar repitiendo sin soluciones permanentes, lo que aumenta la insatisfacción del cliente.

MAPA DE PROCESOS

El mapa de procesos, detallado en el Anexo 3, constituyó una herramienta fundamental para comprender el funcionamiento interno de Multimaderas. Esta representación visual permitió identificar, analizar y optimizar la interconexión de las actividades organizacionales, proporcionando una perspectiva clara que impulsa la gestión estratégica y la mejora continua.

MATRIZ DOFA

Se halla la matriz DOFA la cual fue una herramienta estratégica utilizada para analizar la situación de la empresa y desarrollar planes de acción. Ayudó a identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que influían en el desempeño y crecimiento de la organización. A través de este análisis, se facilitó la toma de decisiones estratégicas, permitiendo la creación de estrategias alineadas con las fortalezas internas y las oportunidades externas, así como la minimización de debilidades y amenazas, la información detallada se presenta en el Anexo 4.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El diagrama Ishikawa fue una herramienta utilizada para identificar y analizar las posibles causas de un problema específico dentro de la empresa. A través de este diagrama, se visualizó de manera estructurada como factores como mano de obra, procesos de producción, maquinaria y factores ambientales podían contribuir a la aparición del problema. Esto facilitó la identificación de las raíces del problema, permitiendo enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas más críticas, ver anexo 5.

4.2. Implementar el nuevo plan de calidad integrado al modelo SCOR en Multimaderas.

4.2.1. Sensibilización del personal

Objetivo de la Sensibilización

- Explicar de manera clara el propósito del plan de calidad y por qué es fundamental para la Multimaderas.
- Resaltar cómo la implementación de altos estándares de calidad puede mejorar la competitividad y satisfacción del cliente.

Importancia del Compromiso del Personal

- Enfatizar que el éxito del plan de calidad dependerá del compromiso y la participación activa de cada miembro del equipo Multimaderas.
- Mencionar que la calidad no solo está en el producto final, sino en cada proceso y etapa de la cadena de suministro (selección de la madera, corte, transporte, almacenamiento, etc.).

Beneficios del Plan de Calidad para el Personal

- Mejoras en la seguridad y el ambiente de trabajo.
- Oportunidades de capacitación y desarrollo de habilidades técnicas.
- Reducción de errores y optimización del trabajo diario, lo que mejora el desempeño y satisfacción laboral.

Políticas de Calidad

- Describir las políticas de calidad de Multimaderas, enfocadas en la mejora continua y satisfacción del cliente.
- Incluir aspectos ambientales si la empresa está alineada con certificaciones o normativas sostenibles.

Roles y Responsabilidades del Personal

- Detallar cómo cada puesto o departamento contribuye al logro de los objetivos de calidad.
- Definir las responsabilidades específicas en términos de control de calidad, seguridad y sostenibilidad.

Evaluación y Retroalimentación

- Explicar cómo se medirá la calidad y el desempeño de cada área establecida a mejorar en Multimaderas.

- Incluir métodos para recibir retroalimentación del personal sobre posibles mejoras en los procesos o en la implementación del plan.

Reconocimientos y Recompensas

- Establecer un sistema de reconocimiento para premiar a los empleados que contribuyan significativamente a mejorar la calidad de Multimaderas.

Cultura de Mejora Continua

- Fomentar la idea de que la calidad es un proceso en constante evolución, donde todos deben estar abiertos a aprender y mejorar.

El compromiso de todo el equipo Multimaderas es vital para el éxito de este plan. Cada colaborador, desde los operarios hasta los supervisores, tienen un papel clave en la detección y corrección de desviaciones, la reducción de errores, y el aporte a un entorno de trabajo más seguro y eficiente. Este esfuerzo en conjunto no solo beneficiará a Multimaderas, sino que también mejorará la calidad del entorno laboral, promoviendo el desarrollo profesional y el reconocimiento al buen desempeño, ver Anexo 6.

4.2.2. Modelo SCOR

Una descripción de los componentes del modelo SCOR ubicado en el anexo 7, adaptado a Multimaderas, considerando su ubicación en Popayán, Cauca, y su enfoque en la industria de procesamiento de madera, teniendo en cuenta que solo se tomaron los indicadores de Producción y Despacho:

- **Producción:**
  M1: Make to Stock: Producción de productos estándar como tablas, vigas, láminas de madera, con base en inventarios proyectados.
  M2: Make to Order: Producción de productos personalizados bajo pedido (ej., puertas, muebles).
  M3: Engineering to Order: Fabricación de productos complejos o de diseño único, involucrando un proceso de ingeniería o diseño previo.

- **Despacho:**
  D1: Productos Stockeados: Entrega de productos estándar desde el inventario (ej., madera para construcción, tableros).
  D2: Productos MTO (Make to Order): Distribución de productos elaborados bajo pedido específico del cliente (ej., muebles de oficina).
  D3: Productos ETO (Engineering to Order): Entrega de proyectos personalizados o de ingeniería, como estructuras de madera prefabricadas.
  D4: Productos Retail: Distribución de productos para minoristas o puntos de venta que trabajan directamente con clientes finales.

4.2.3. Monitorear y medir indicadores (SCOR)

Haciendo un análisis del SCOR, para poder cumplir con que la cadena de suministro sea propia el proyecto se va a enfocar en producción y para ello se realizó la integración de la estrategia Make to Stock (MTS) con los indicadores estadísticos CP y CPK que se relaciona directamente con los indicadores de desempeño del modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference), ya que estos ayudan a medir y mejorar la eficiencia y calidad de los procesos de producción dentro de la cadena de suministro. Estas métricas aseguran que los productos fabricados bajo MTS cumplan consistentemente con los estándares de calidad, evitando desperdicios y reprocesos, lo que permite a la empresa alinear sus operaciones con los objetivos estratégicos de SCOR.

Fórmula de Cp (Índice de capacidad del proceso):

$$Cp = \frac{LSE - LSI}{6\sigma}$$

- **LSE**: Límite Superior de Especificación.
- **LSI**: Límite Inferior de Especificación.
- **σ\sigmaσ**: Desviación estándar del proceso.

Cp mide la capacidad potencial del proceso suponiendo que esté centrado. Indica qué tan amplio es el rango de especificaciones en relación con la variabilidad del proceso. En el caso de Multimaderas el Límite Superior es de 25cm y el Límite Inferior es de 24,5. Minitab sugiere cada uno de los datos teniendo en cuenta los parámetros especificados por el cliente.

Fórmula de Cpk (Índice de capacidad ajustado del proceso):

$$Cpk = \min\left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSI}{3\sigma}\right)$$

- **μ**: Media del proceso.
- **LSE y LSI**: Límite Superior e Inferior de Especificación.
- **σ\sigmaσ**: Desviación estándar.

El Cpk evalúa tanto la capacidad como el centrado del proceso. Si el proceso está desviado del centro, Cpk será menor que Cp. En este caso es igual al anterior con las medidas de Límite Superior de 25cm y el límite inferior 24,5 cm con un adicional que es la Media del proceso.

Tabla 1. Indicadores Cp y Cpk: Interpretación para MTS.

Indicador	Significado en MTS (SCOR)	Acción
Cp > 1.33	Proceso con variabilidad baja; cumple con los límites especificados.	Mantén el control actual del proceso.
Cpk>1.33	Proceso centrado y con baja variabilidad; entrega productos dentro de las especificaciones.	Continúa monitoreando y optimizando el proceso.
Cp < 1	Proceso con alta variabilidad; no puede cumplir con las especificaciones de manera constante.	Identifica y reduce las fuentes de variación (mantenimiento de máquinas, entrenamiento, materia prima).
Cpk < 1	Proceso descentrado; la media no está alineada con el rango especificado, aumentando defectos.	Ajusta los parámetros del proceso (calibración de máquinas, supervisión de operarios).

Fuente, Elaboración Propia

Analizando el SCOR y la relación entre Productos Retail (Despacho) con la app diseñada: El indicador Productos Retail tiene una conexión directa con la aplicación para medir la satisfacción del cliente, ya que está orientado al consumidor final. En este contexto, factores como los tiempos de entrega, la precisión en los pedidos y la calidad del servicio son fundamentales. Esta relación es especialmente relevante dentro del modelo SCOR, dado que los productos retail implican transacciones directas con el cliente final. Los indicadores clave de desempeño en el despacho, como el tiempo de entrega, la exactitud en los pedidos, el estado del producto, la disponibilidad y la facilidad

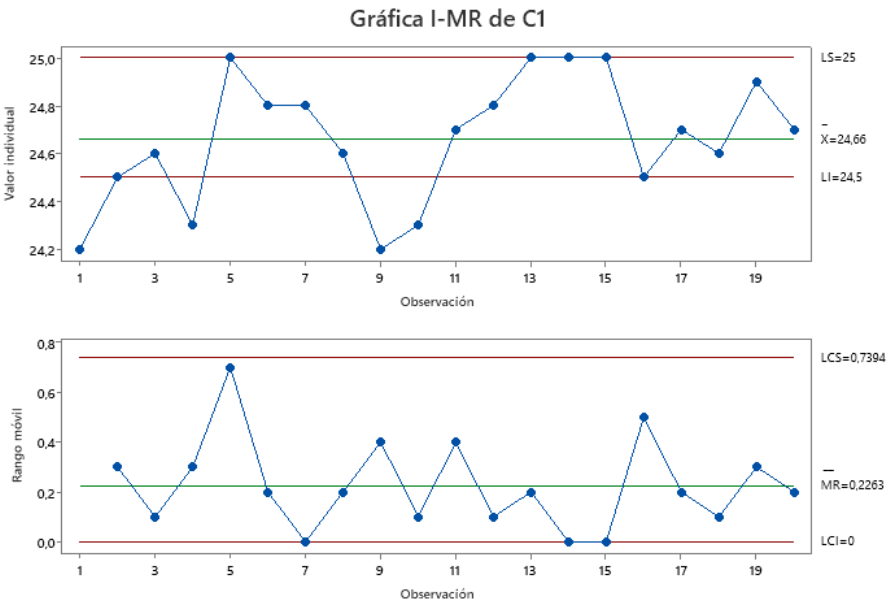
en el proceso de devoluciones, tienen un impacto inmediato en la percepción de calidad y la satisfacción del cliente.

4.3. Evaluar mediante una aplicación móvil que cada entrega cumpla con los requisitos establecidos, reduciendo defectos y mejorando la satisfacción del cliente.

4.3.1. Análisis inicial

En el gráfico 1 se puede observar que cuatro puntos están fuera, significa que el proceso no está funcionando de manera estable y controlada, es decir que las tablas de 25 cm no están cumpliendo con las especificaciones requeridas por el cliente.

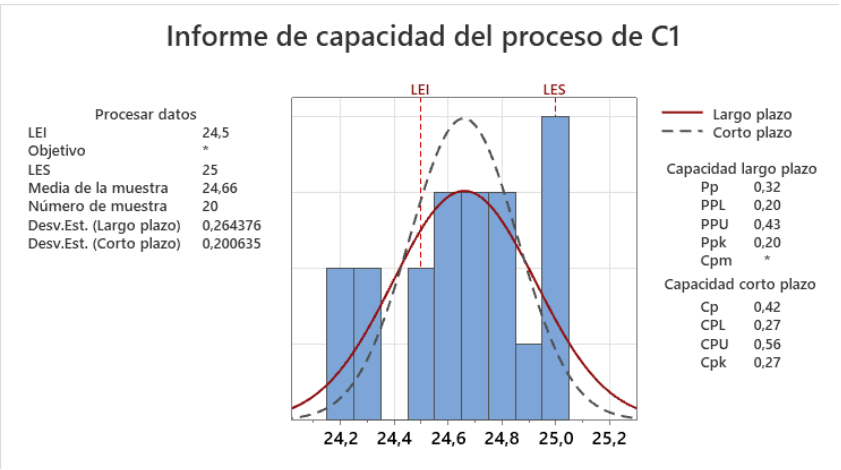
Gráfico 1. *I-MR antes Máquina*



Fuente, Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 2 el Cp = 0.42 y Cpk = 0.27, reflejan alta variabilidad y descentrado, el proceso no cumple con las especificaciones actuales y requiere ajustes inmediatos para reducir defectos y cumplir con los estándares de calidad.

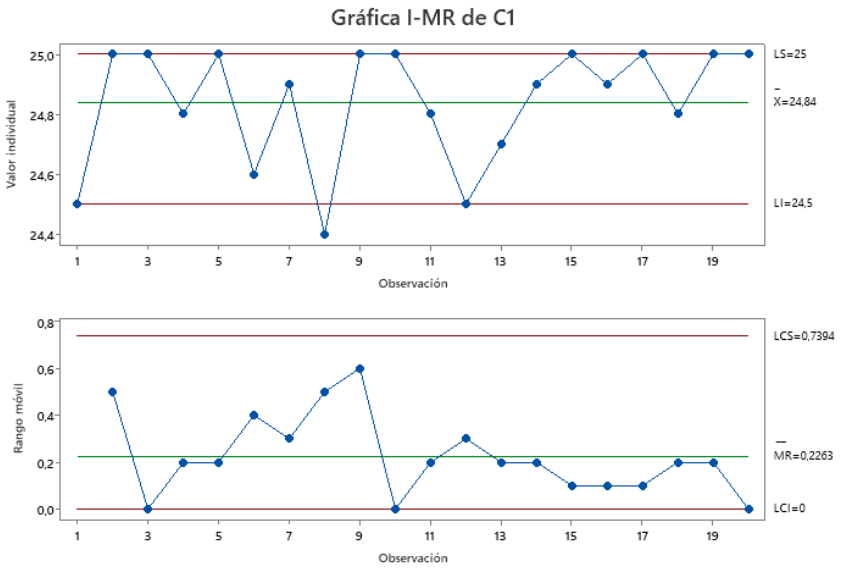
Gráfico 2. *Capacidad antes del proceso Máquina 1*



Fuente, Elaboración propia

En la gráfico 3 se observa que hay un punto por fuera del límite inferior, no necesariamente es una indicación de un proceso fuera de control de forma consistente, especialmente si los demás puntos están dentro de los límites establecidos.

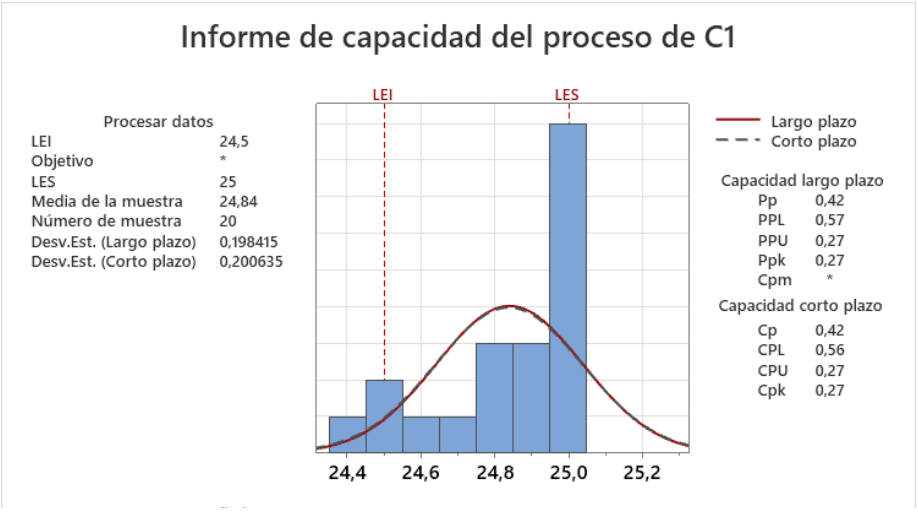
Grafico 3. *I-MR antes Máquina 2*



Fuente, Elaboración propia

El informe de capacidad en la gráfica 4 nos indica un CP de 0,42 y un Cpk de 0,27 pese a que en el gráfico de control solo hay un punto por fuera de los límites establecidos, sigue estando descentrado, teniendo en cuenta que hay que hacer una investigación del error.

Gráfico 4. *Capacidad actual del proceso Máquina 2*

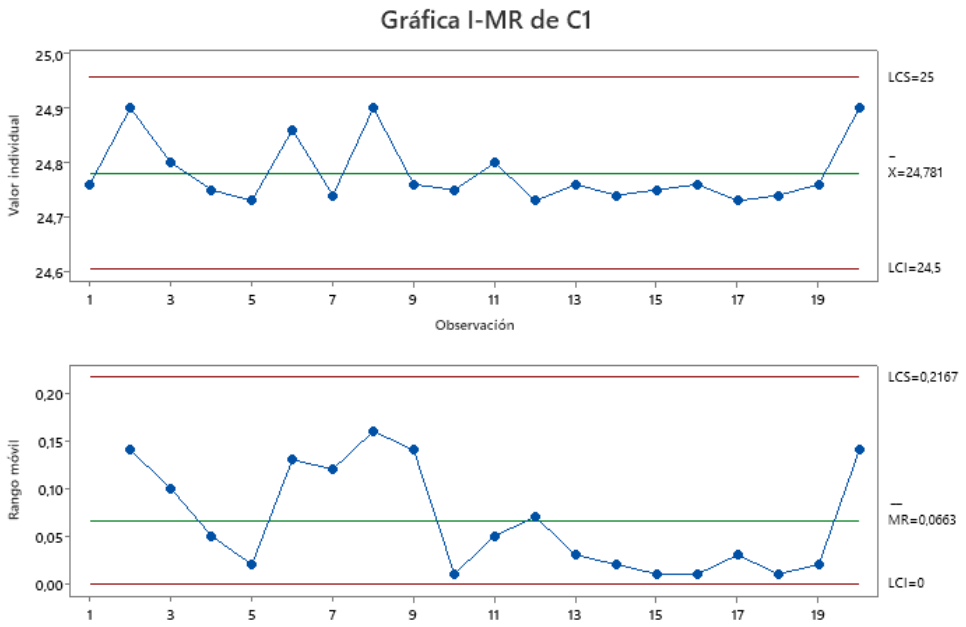


Fuente, Elaboración Propia

4.3.2. Mejoras implementadas

Luego de realizar ajustes en las máquinas observamos en el gráfico 5 un cambio importante respecto a la primera prueba, teniendo en cuenta que se realizaron suficientes ajustes continuos para poder ayudar a la mejora y centralización del proceso. La gráfica I-MR muestra que el proceso es **estable y controlado**, ya que los puntos en la gráfica se distribuyen dentro de los límites de control, sin patrones inusuales ni tendencias significativas.

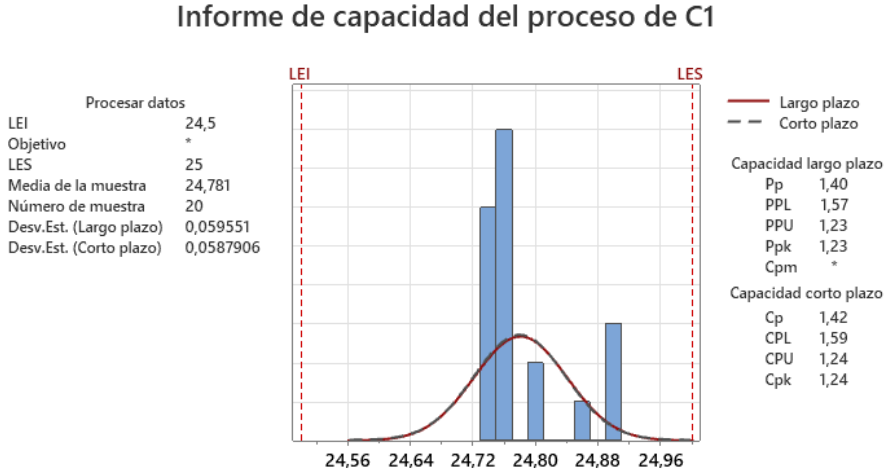
Gráfico 5. *I-MR mejorado Máquina 1*



Fuente, Elaboración Propia

En el gráfico 6 después de ajustes, Cp subió a 1.42 y Cpk a 1.24, indicando un proceso más estable y capaz. El proceso es adecuado para la producción y satisface los requerimientos del cliente. Solo se recomienda un ligero ajuste en el centrado si se busca perfección.

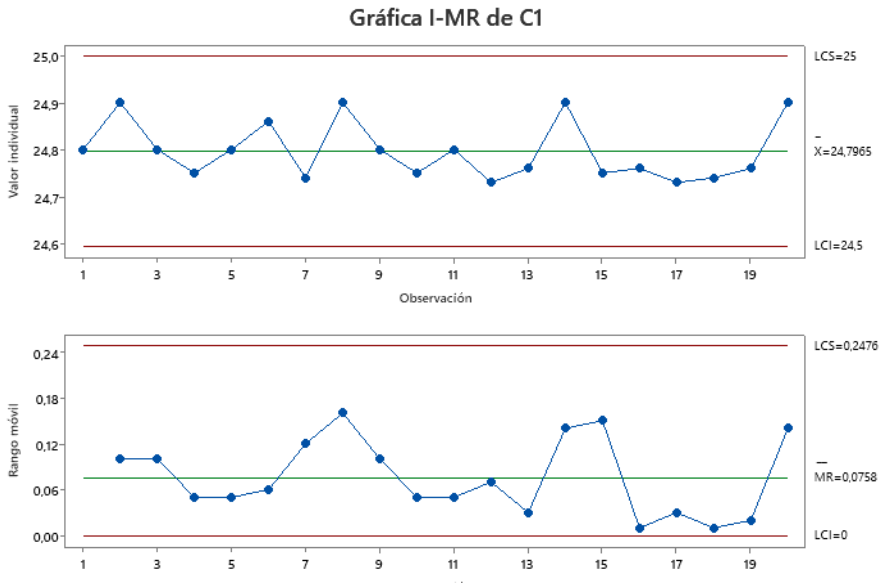
Gráfico 6. *Capacidad mejorada del proceso Máquina*



Fuente, Elaboración Propia

La gráfica 7 de I-MR muestra que el proceso es estable y bajo control estadístico, ya que no presenta puntos fuera de los límites de control ni patrones inusuales. El proceso es adecuado y confiable, con margen para ajustes menores que mejoren la calidad y reduzcan aún más los riesgos de defectos.

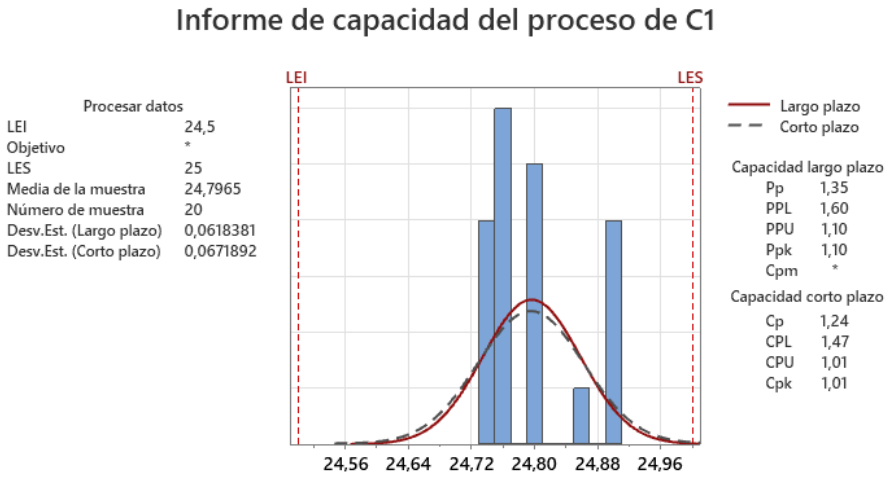
Gráfico 7. *I-MR mejorado Máquina 2*



Fuente, Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, las mejoras lograron Cp = 1.24 y Cpk = 1.01. Aunque adecuados, muestran margen para optimización como se muestra en el gráfico 8.

Gráfico 8. *Capacidad mejorada del proceso Máquina 2*



Fuente, Elaboración propia

El análisis permitió identificar áreas críticas y realizar ajustes para mejorar los procesos. Ambos alcanzaron estándares aceptables, aunque se recomiendan ajustes menores para optimizar centrado y reducir defectos.

4.3.3. Inspección Final

En la tabla 2 se encuentra la información y datos correspondiente del cliente Simón García y del inspector responsable. De igual manera se puede observar la tabla de especificaciones donde se evidencian las dimensiones solicitadas por el cliente para su pedido.

Tabla 2. *Descripción del cliente y especificaciones*

Nombre del Cliente:	Simón Garcia
Número de Pedido:	2907
Fecha de Inspección:	07/11/2024
Tamaño del Lote:	2000
Tamaño de Muestra:	125
Inspector Responsable:	Michael Betancourt

ESPECIFICACIONES			
Criterio	**Límite Inferior (cm)**	**Límite Superior (cm)**	**Otros Requisitos**
Dimensión (Largo)	24,5	25	-
Acabado superficial	-	-	-

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 3 nos indica un resumen de los resultados obtenidos de la inspección realizada a las tablas, teniendo un 93% de conformidad y un 7% de inconformidad. Estos datos son claves teniendo en cuenta el límite aceptable de defectos de las tablas por parte del cliente, que es de máximo del 10%.

Tabla 3. *Resumen resultados.*

Ítem	Cantidad Total
Tablas inspeccionadas	125
Tablas conformes	116
Tablas no conformes	9
Porcentaje de conformidad	93%

Fuente, Elaboración propia

4.3.4. Decisión final del cliente

En la tabla 4 se encuentra la de decisión final para la inspección de lotes de madera, que registra si el lote fue aprobado, condicional o rechazado, junto con una descripción de la situación y las firmas del inspector y supervisor de calidad.

Tabla 4. *Decisión Final.*

Decisión	Seleccionar (X)	Descripción
Lote Aprobado		El lote cumple con los criterios establecidos por el cliente.
Lote Condicional	X	Se encontraron defectos menores corregibles antes del envío.
Lote Rechazado		Se encontraron defectos mayores. El lote debe ser reprocesado antes de la entrega.

Observaciones:	-
Nombre Inspector	**Firma**
Michael Betancourt	

Nombre del Supervisor de Calidad	**Firma**
Jose Bastidas	

Fuente, Elaboración propia.

4.3.5. Obtención de la aprobación del cliente sobre la entrega mediante la aplicación "MultiApp"

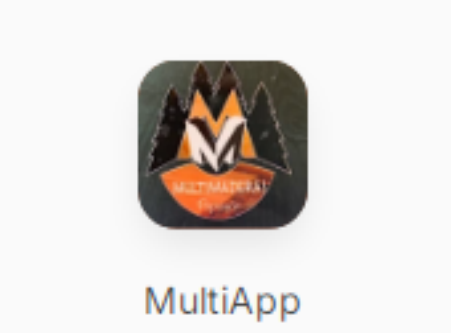
La figura 1 nos muestra la aplicación MultiApp, la cual está diseñada para mejorar la gestión y seguimiento de pedidos de madera, optimizando la comunicación y la satisfacción del cliente. Permite a los usuarios (clientes y equipo interno) interactuar fácilmente con la empresa de forma automatizada y accesible desde cualquier dispositivo.

Funciones principales:

- Seguimiento de Pedidos
- Aprobación Automática
- Comentarios y Revisión
- Notificaciones Automatizadas

Cada cliente solo puede ver y gestionar sus propios pedidos, manteniendo la privacidad y seguridad de los datos.

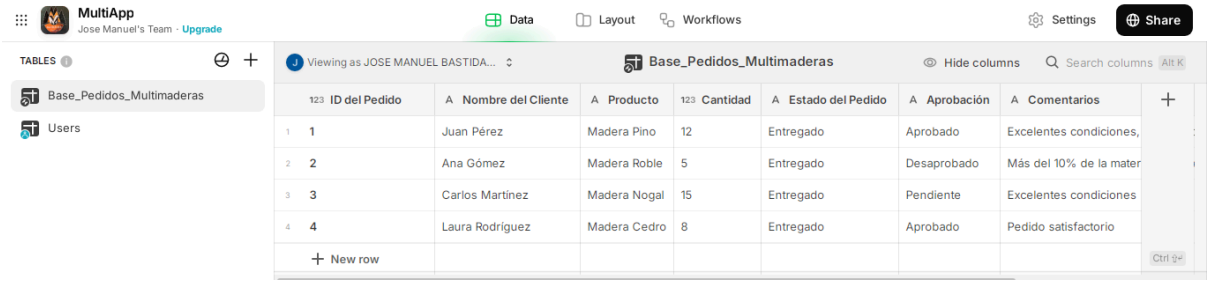
Figura 1. MultiApp.



Fuente, Elaboración propia

En la Figura 2 esta base de datos en MultiApp representa los clientes que realizaron compras y se realizó una prueba piloto de la aplicación para hacer ajustes continuos y darle una adopción total a los principales clientes.

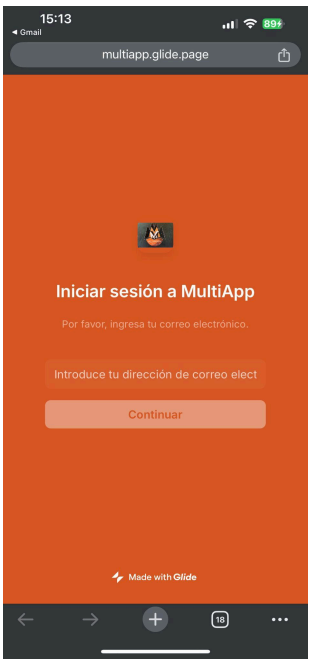
Figura 2. *Base de datos Multimaderas.*



Fuente, Elaboración propia

La figura 3 representa lo primero que visualizan los clientes al entrar a la aplicación sugiriendo que ingresen con su respectivo correo electrónico para seguridad de los mismos.

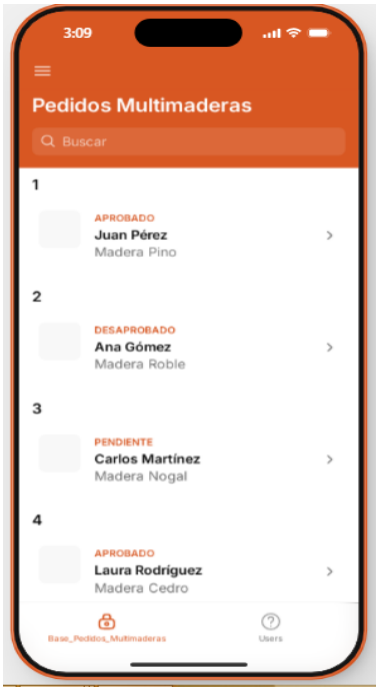
Figura 3. Inicio de sesión clientes.



Fuente, Elaboración propia

La figura 4 representa cómo los clientes ven desde su dispositivo móvil la aplicación para hacer su aprobación final en tiempo real, teniendo en cuenta su ID del pedido respectivo, su nombre, el producto que compraron, el tamaño del lote o la cantidad y lo más importante, sus especificaciones requeridas.

Figura 4. Pedidos Multimaderas.



Fuente, Elaboración propia

La figura 5 representa cuando ya el cliente ha ingresado a su respectivo pedido para enviar a la empresa su aprobación o su no aprobación y comentarios respecto al pedido en tiempo real. Cada vez que el cliente da clic en enviar ya habiendo realizado su respectiva aprobación, inmediatamente se actualiza en la base de datos de la empresa dicha respuesta.

Figura 5. *Revisión y Comentarios.*

Fuente, Elaboración propia.

5. Conclusiones y futuras investigaciones

- La evaluación del estado actual de la cadena de suministro de Multimaderas revela que la empresa cuenta con una ubicación estratégica que facilita el acceso a proveedores y corredores logísticos. Sin embargo, se identificaron áreas críticas que requieren optimización para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del producto. La caracterización de la cadena de suministro muestra que, aunque se gestionan adecuadamente las actividades de almacenamiento y distribución, es necesario implementar mejoras en la comunicación y coordinación entre los diferentes actores involucrados.

- La implementación del plan de calidad basado en el modelo SCOR ha permitido a Multimaderas establecer un marco estructurado para la mejora continua. Este enfoque ha facilitado la identificación de las raíces de los problemas y ha promovido una cultura de mejora continua entre los empleados. La integración de herramientas estadísticas como Cp y Cpk ha demostrado ser efectiva para evaluar la capacidad del proceso y asegurar que los productos cumplan con los estándares de calidad establecidos.

- La evaluación de las entregas mediante la aplicación “MultiApp” ha permitido reducir defectos y mejorar la satisfacción del cliente. Al establecer un riguroso proceso de inspección en cada etapa de producción y distribución, Multimaderas ha logrado cumplir con los requisitos establecidos, lo que se traduce en una mayor confianza por parte de los clientes y una consolidación de su posición en el mercado.

Referencias

Anacona Mopan, Y. E., Rubiano Ovalle, O., Paz, H., Solis Pino, A. F., Chong, M., & Luna, A. (2023, January 05). Fresh Product Supply Chain Analysis in Cauca, Colombia — A Hass Avocado System Dynamics Approach. Systems, 1-19. https://doi.org/10.3390/systems11010029

Dabo, A.-A. A., & Hosseinian-Fa, A. (2023, December 11). An Integrated Methodology for Enhancing Reverse Logistics Flows and Networks in Industry 5.0. Logistics, 1-26. https://doi.org/10.3390/logistics7040097

Lu, Lanlan Sectors Group. (2023). 48024-002: Chongqing Integrated Logistics Demonstration Project. Asian Development Bank. Retrieved July 12, 2024, from https://www.adb.org/projects/48024-002/main

Nganda, L. (2023, September 21). The Future of Logistics in Africa: Embracing Disruption and Innovating for Success. Maersk. Retrieved July 12, 2024, from https://www.maersk.com/insights/integrated-logistics/2023/09/21/future-of-logistics-africa

Khatiwada, Sameer South Asia Department. (2021). 55154-002: Support for Strengthening Multimodal and Integrated Logistics Ecosystem. Asian Development Bank. Retrieved July 12, 2024, from https://www.adb.org/projects/55154-002/main

Oleinik, E. B., Popov, E. V., & Rogulin, R. S. (2020, November). Aspects of modeling the main production processes of wood enterprises. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 595, No. 1, p. 012035). IOP Publishing. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/595/1/012035/meta DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012035

Yang, Y., Kang, X., Yang, Y., Ye, H., Jiang, J., Zheng, G., ... & Peng, W. (2023). Research progress in green preparation of advanced wood-based composites. Advanced Composites and Hybrid Materials, 6(6), 202. https://link.springer.com/article/10.1007/s42114-023-00770-w#citeas

Hosseini, S. M., & Peer, A. (2022). Wood products manufacturing optimization: A survey. IEEE Access, 10, 121653-121683. https://ieeexplore.ieee.org/document/9954363?denied=

Weber, G. W., Goli, A., & Tirkolaee, E. B. (2023). Logistics and operations modelling and optimization for sustainable supply chain. Sustainability, 15(17), 12727. https://www.mdpi.com/2071-1050/15/17/12727

Kim, S. T., Lee, H. H., & Hwang, T. (2020). Logistics integration in the supply chain: a resource dependence theory perspective. International Journal of Quality Innovation, 6(1), 5. https://jqualityinnovation.springeropen.com/articles/10.1186/s40887-020-00039-w

Gaudenzi, B., Confente, I., & Russo, I. (2020). Logistics service quality and customer satisfaction in B2B relationships: a qualitative comparative analysis approach. The TQM Journal, 33(1), 125-140. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/TQM-04-2020-0088/full/html

Saragih, J., Tarigan, A., Pratama, I., Wardati, J., & Silalahi, E. F. (2020). The impact of total quality management, supply chain management practices and operations capability on firm performance. Polish Journal of Management Studies, 21(2), 384-397. https://doi.org/10.17512/pjms.2020.21.2.27.

Karamouz, S. S., Ahmadi Kahnali, R., & Ghafournia, M. (2021). Supply chain quality management performance measurement: systematic review. International Journal of Quality & Reliability Management, 38(2), 484-504. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJQRM-03-2019-0073/full/html

Krishnan, R., Govindaraj, M., Kandasamy, L., Perumal, E., & Mathews, S. B. (2024). Integrating Logistics Management with Artificial Intelligence and IoT for Enhanced Supply Chain Efficiency. In Anticipating Future Business Trends: Navigating Artificial Intelligence Innovations: Volume 1 (pp. 25-35). Cham: Springer Nature Switzerland.https://doi.org/10.1007/978-3-031-63569-4_3

Das, S., & Hassan, H. K. (2022). Impact of sustainable supply chain management and customer relationship management on organizational performance. International Journal of Productivity and Performance Management, 71(6), 2140-2160. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJPPM-08-2020-0441/full/html

Anexos

ANEXO 1
ANEXO 2
ANEXO 3
ANEXO 4
ANEXO 5
ANEXO 6
ANEXO 7