



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN LOGÍSTICA Y
CADENA DE SUMINISTROS**

TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LA
GESTIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES DE EMAQUE.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Ingeniería Industrial
con mención en Logística y Cadena de Suministros.

Autor:

Ing. Valdiviezo Baiza Bryan Omar

Tutora:

Ing. Álvarez Sánchez Ana; Mg.

AMBATO – ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Valdiviezo Baiza Bryan Omar, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES DE EMPAQUE”, como requisito para optar al grado de Magister en Ingeniería Industrial con mención Logística y Cadena de Suministros y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 7 días del mes de mayo del 2026, firmo conforme:

Autor: Bryan Omar Valdiviezo Baiza

Firma:

Número de Cédula: 1724075534

Dirección: Pichincha, Quito, Pomasqui, Uyachul Alto.

Correo Electrónico: road_bryan@hotmail.com

Teléfono: 0999867966

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA

En mi calidad de Directora del Trabajo de Titulación “IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES DE EMPAQUE”, presentado por Valdiviezo Baiza Bryan Omar, para optar por el Título de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Logística y Cadena de Suministros.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 7 de mayo de 2026

.....

Msc. Álvarez Sánchez Ana
DIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Logística y Cadena de Suministros, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 7 de mayo de 2026

.....
Valdiviezo Baiza Bryan Omar
172407553-4

APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES DE EMPAQUE”, previo a la obtención del Título de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Logística y Cadena de Suministros, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 7 de mayo de 2026

.....

Ing. Reyes Vásquez John Paul; PhD.

EXAMINADOR

.....

Ing. Teneda Ramos Eduardo Santiago; Mgtr.

EXAMINADOR

DEDICATORIA

A mi madre, Rosalía, por ser el pilar de mi vida y la luz que ha guiado cada uno de mis pasos. Gracias por tu amor incondicional, por tu apoyo en los momentos más difíciles y por enseñarme, con tu ejemplo, que la perseverancia y el esfuerzo son el camino hacia los sueños. Este logro es tan tuyo como mío.

A mi querido abuelito, Ángel, por enseñarme, con tu sabiduría y cariño, el valor del trabajo honesto y la humildad en cada paso de la vida. Tu ejemplo ha sido mi mayor inspiración y tu apoyo, mi fortaleza en los momentos más difíciles. Este logro académico es también un homenaje a ti, con gratitud y amor eterno.

Bryan Valdiviezo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino. Gracias por darme sabiduría, paciencia y salud para culminar con éxito este proyecto, y por iluminar cada decisión con tu infinita bondad. Sin tu presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

Agradecido al tutor por su invaluable guía y el tiempo dedicado a orientar el desarrollo del trabajo, fue un pilar fundamental para la culminación de esta investigación.

Expreso mi más sincera gratitud a la UTI, por abrir las puertas y permitirme ser parte de su comunidad académica, brindándome las herramientas necesarias para mi crecimiento personal y formación profesional.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE EXAMINADORES.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	5
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II.....	8
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	8
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	8
Descripción del proceso.....	11

Diagrama de Pareto Paros de Producción.....	14
Cursograma Analítico del Proceso de Sellado.....	16
Pronóstico de la demanda.....	24
Pronóstico con tendencia (Regresión lineal)	25
Pronóstico enfoque determinístico y estocástico.....	27
Stock mínimo y de seguridad	29
Cálculo de punto de reorden.....	30
Costo de preparación	30
Costo de mantenimiento del inventario	32
EOQ.....	33
Problema cambio de bobina	34
Actividades Internas y Externas	35
Ajuste de maquinaria.....	38
Área de estudio	39
Modelo Operativo.....	39
CAPÍTULO III	43
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	43
Presentación de la Propuesta	43
Descripción técnica de la propuesta	43
Criterios de alerta para el control de inventarios.....	44
Resultados Esperados	45
Cronograma de actividades	45
Análisis de costos	47
Periodo de recuperación	48
Curva S	49
CAPÍTULO IV	51

PROPUESTA.....	51
Justificación de la ejecución	51
Proceso de ejecución	52
Integración del sistema digital de control de inventarios con alertas inteligentes.....	52
Adquisición de equipos y herramientas.....	55
SMED en el ajuste de máquina.....	58
Desarrollo de aplicación digital.....	63
Resultados observados.....	68
Consumo de inventario de empaques	69
Nivel de consumo	72
Correo de alerta	73
Pedido de material de empaque	74
Desarrollo y seguimiento de la ejecución.....	74
Resultados obtenidos	76
Análisis e Interpretación de Resultados.....	77
Conclusión de la validación.....	78
Presentación de resultados.....	78
Análisis estadístico de los resultados.....	79
Limitaciones del estudio.....	82
Implicaciones del estudio	82
CAPÍTULO V.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
Conclusiones.....	84
Recomendaciones	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Registros de causas de pérdida de tiempo.	14
Tabla No. 2: Registro de paros	16
Tabla No. 3: Cronometraje del proceso de sellado.....	19
Tabla No. 4: Análisis de tiempos	20
Tabla No. 5: Análisis de tiempos muertos.....	20
Tabla No. 6: Lista de empaques.	21
Tabla No. 7: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.....	22
Tabla No. 8: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.....	23
Tabla No. 9: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.....	23
Tabla No. 10: Análisis de la demanda histórica.	24
Tabla No. 11: Regresión lineal	25
Tabla No. 12: Resultados estadísticos.	28
Tabla No. 13: Cálculo del costo de preparación por lote.	31
Tabla No. 14: Cálculo del costo de mantenimiento de inventario.....	32
Tabla No. 15: Cálculo del EOQ.....	34
Tabla No. 16: Actividades internas y externas	37
Tabla No. 17: Propuesta ajuste de maquinaria	38
Tabla No. 18: Área de estudio	39
Tabla No. 19: Proceso de aplicación.	41
Tabla No. 20: Criterios de alerta del sistema de inventarios.	45
Tabla No. 21: Cronograma de actividades.	46
Tabla No. 22: Análisis de costos.	47

Tabla No. 23: Estimación del ahorro mensual generado por la implementación del sistema.	48
Tabla No. 24: Comparación del antes y después del SMED.....	56
Tabla No. 25: Comparación del antes y después del SMED.....	63
Tabla No. 26: Indicadores KPI.....	75
Tabla No. 27: Medidas descriptivas del consumo de empaques.	79
Tabla No. 28: Análisis del rango de consumo de empaques.	80
Tabla No. 29: Resultados comparativos.....	80
Tabla No. 30: Resultados comparativos.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Análisis de crecimiento y proyección de ventas del mercado de fundas termo encogibles.....	2
Figura No. 2: Análisis de producción primer semestre 2025.	4
Figura No. 3: Fundas termo encogibles.....	8
Figura No. 4: Estructura organizacional de la empresa.	10
Figura No. 5: Diagrama de flujo del proceso de sellado.	12
Figura No. 6: Diagrama de Pareto de causas.....	15
Figura No. 7: Cursograma analítico del proceso de sellado.....	17
Figura No. 8: Carretillas hidráulicas.	35
Figura No. 9: Modelo Operativo	40
Figura No. 10: Cronograma de actividades	47
Figura No. 11: Curva S de Costos del Proyecto	49
Figura No. 12: Diagrama de funcionamiento del sistema digital de control de inventarios con alertas inteligente	54
Figura No. 13: Incorporación de coche hidráulico	55
Figura No. 14: Incorporación de pallets.	57
Figura No. 15: Incorporación de Herramientas	58
Figura No. 16: Módulos	59
Figura No. 17: Estantería de empaque.....	59
Figura No. 18: Estantería de empaque.....	60
Figura No. 19: Ficha técnica	61
Figura No. 20: Ficha técnica	62
Figura No. 21: Hoja de base de datos	64
Figura No. 22: Hoja de consumo códigos.	65

Figura No. 23: Hoja de consumo ingreso.	66
Figura No. 24: Hoja de consumo bots.	67
Figura No. 25: Bot correos.	68
Figura No. 26: Ingreso de consumo	69
Figura No. 27: Ingreso de consumo	70
Figura No. 28: Inventario de compras	71
Figura No. 29: Nivel de consumo.....	72
Figura No. 30: Correo de aviso.	73
Figura No. 31: Correo de solicitud.	74
Figura No. 32: Fundamentación de AppSheet.....	89
Figura No. 33: Consumo de empaque	90
Figura No. 34: Inventario de empaques.....	90
Figura No. 35: Nivel de consumo.....	91
Figura No. 36: Avisos de nivel bajo de empaque.....	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No. 1: Número de observaciones	19
Ecuación No. 2: Modelo de regresión lineal	25
Ecuación No. 3: Cálculo de b	26
Ecuación No. 4: Cálculo de a	26
Ecuación No. 5: Media	27
Ecuación No. 6: Desviación estándar muestral	27
Ecuación No. 7: Pronóstico estocástico	28
Ecuación No. 8: Stock mínimo	29
Ecuación No. 9: Stock de seguridad	29
Ecuación No. 10: Punto de reorden	30
Ecuación No. 11: Costo de preparación por lote	31
Ecuación No. 12: Costo de actividad	31
Ecuación No. 13: Costo de actividad	31
Ecuación No. 14: Costo de mantenimiento de inventario	32
Ecuación No. 15: EOQ	33
Ecuación No. 16: Número de lotes	33
Ecuación No. 17: Tiempo entre lotes	33
Ecuación No. 18: Periodo de recuperación.	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1: Funcionamiento del sistema de alertas inteligentes en AppSheet.....	88
Anexo No. 2: Pruebas Piloto	90

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN LOGÍSTICA
Y CADENA DE SUMINISTRO

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR
LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES DE EMPAQUE

AUTORA: Ing. Valdiviezo Baiza Bryan Omar

TUTORA: MSc. Álvarez Sánchez Ana

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se desarrolló en el área de sellado de una empresa industrial dedicada a la fabricación de empaques termo encogibles, donde se identificó problemas recurrentes de quiebres de stock, paradas no planificadas y deficiencias en el control de inventarios de materiales de empaque. Estas situaciones estuvieron asociadas al uso de registros manuales y a la ausencia de mecanismos de monitoreo preventivo, por lo tanto, se plantea como objetivo implementar un sistema de alertas inteligentes para optimizar la gestión de inventarios y anticipar las necesidades de abastecimiento. Se planteó la hipótesis de que la automatización del control de inventarios mediante herramientas digitales permitiría reducir los quiebres de stock y mejorar la toma de decisiones operativas. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y descriptiva, utilizando técnicas de análisis de procesos, la revisión de registros históricos de consumo y la determinación de niveles de stock de seguridad, además se propone el uso de una herramienta tecnológica como es una aplicación en la plataforma AppSheet para la generación automática de alertas. Los resultados evidenciaron una mejora objetiva en la gestión de inventarios, el sistema permitió anticipar la reposición de materiales con un horizonte de 15 días, eliminar el uso de registros manuales y reducir las paradas por desabastecimiento en el área de sellado. En conclusión, la implementación del sistema de alertas inteligentes contribuyó significativamente a la continuidad operativa y a la optimización de la gestión de inventarios de la empresa.

DESCRIPTORES: automatización de procesos, control de inventarios, gestión de la producción, gestión industrial, sistemas de información.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTY OF ENGINEERING

**Master's Degree in Industrial Engineering with major in Logistics and
Supply Chain**

AUTHOR: VALDIVIEZO BAIZA BRYAN OMAR

TUTOR: MSc. ALVAREZ SANCHEZ ANA

THEME

**IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT ALERTS TO OPTIMIZE PACKAGING
MATERIAL
INVENTORY MANAGEMENT**

ABSTRACT

This research was conducted in the sealing department of an industrial company specializing in the manufacture of heat-shrinkable packaging, where recurring problems such as stockouts, unplanned downtime, and deficiencies in the control of packaging material inventories were identified. These situations were associated with the use of manual records and the absence of preventive monitoring mechanisms; therefore, the objective is to implement a smart alert system to optimize inventory management and anticipate supply needs. The hypothesis was that automating inventory control through digital tools would reduce stockouts and improve operational decision-making. The research was conducted using a quantitative, applied, and descriptive approach, employing process analysis techniques, a review of historical consumption records, and the determination of safety stock levels. Additionally, the study proposes the use of a technological tool specifically, an application on the AppSheet platform for the automatic generation of alerts. The results demonstrated a tangible improvement in inventory management; the system enabled the company to anticipate material replenishment with an average lead time of 15 days, eliminate the use of manual records, and reduce downtime due to stockouts in the sealing area. In conclusion, the implementation of the smart alert system contributed significantly to operational continuity and the optimization of the company's inventory management.

KEYWORDS: industrial management, information systems, inventory control, process automation, production management.



CAPÍTULO I

Introducción

En los entornos industriales actuales, caracterizados por una alta competitividad y exigencias crecientes en eficiencia operativa, la optimización de los procesos productivos y el adecuado control de los recursos se han convertido en factores determinantes para garantizar la continuidad y rentabilidad de las organizaciones. El área de sellado presenta una problemática relevante asociada a tiempos improductivos durante el ajuste de maquinaria y el cambio de bobinas, así como a deficiencias en la gestión de inventarios de materiales de empaque, lo que genera interrupciones en la producción, errores en los registros y riesgo de desabastecimiento.

En el contexto macro la gestión eficiente de inventarios constituye uno de los principales desafíos de la industria manufacturera y logística a escala global, debido a su impacto directo en la continuidad operativa, los costos de producción y el cumplimiento de los tiempos de entrega. La industria de fundas termo encogibles presenta un escenario de crecimiento sostenido y transformación constante, impulsado por la creciente demanda de empaques versátiles, resistentes, personalizables y alineados con criterios de sostenibilidad. De acuerdo con reportes de mercado, el valor del mercado mundial alcanzó aproximadamente los USD15.120 millones en el año 2024, con proyecciones de crecimiento anual compuesto superiores al 5% hasta el año 2033, lo que permitiría superar los USD 25 000 millones en dicho periodo. (Chartwell, 2024)

En el contexto micro este crecimiento se encuentra estrechamente vinculado al aumento de la demanda en sectores estratégicos como alimentos y bebidas, productos farmacéuticos y cuidado personal, los cuales requieren soluciones de empaque de alto desempeño que se adapten a distintos procesos productivos, logísticos y de comercialización. A nivel regional, Asia Pacífico lidera el consumo global con aproximadamente el 40%, debido a su elevada capacidad productiva y menores costos operativos, para América del Norte y Europa mantienen participaciones relevantes, con cuotas cercanas al 28% y 26%, respectivamente. (Grand View Research, 2023)

En países de Latinoamérica, Medio Oriente y África presentan niveles de consumo inferiores, aunque con tasas de crecimiento significativas, lo que evidencia un alto

potencial de expansión en mercados emergentes. Paralelamente, el sector industrial de empaques muestra una tendencia hacia la adopción de materiales sostenibles, migrando progresivamente de resinas tradicionales hacia bioplásticos, en respuesta a regulaciones ambientales más estrictas y a una mayor conciencia ecológica del consumidor, como se presentan en la Figura No.1.

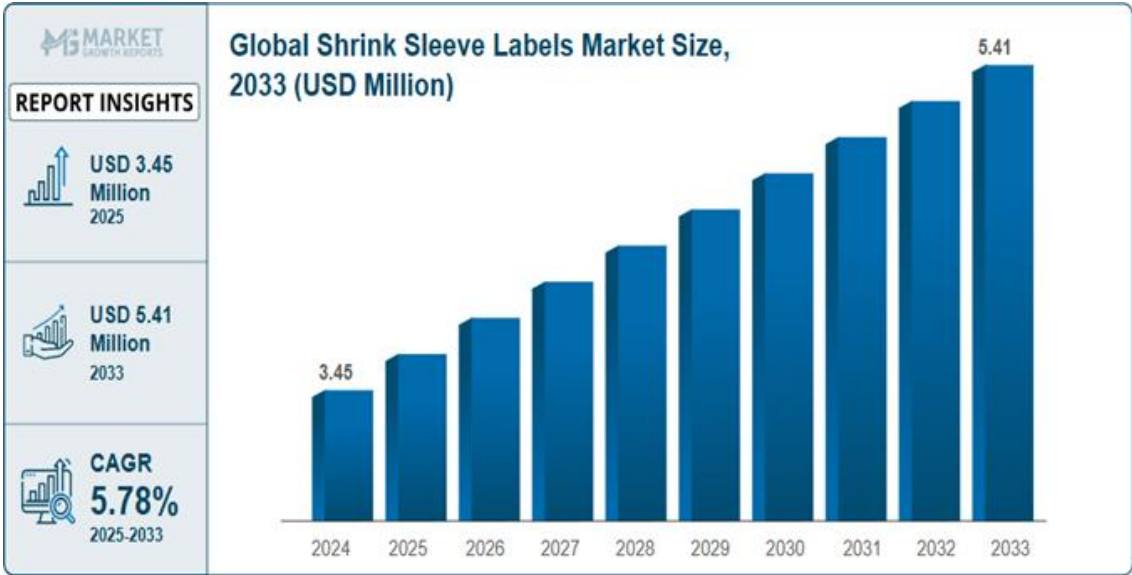


Figura No. 1: Análisis de crecimiento y proyección de ventas del mercado de fundas termo encogibles.

Elaborado por: (Market Research Future, 2024)

En el contexto micro, y específicamente en el contexto nacional, el sector plástico ecuatoriano está conformado por aproximadamente 600 empresas activas, predominando las micro y pequeñas industrias. Para el año 2025 se proyecta un crecimiento cercano al 10%, impulsado por la modernización de procesos productivos, la diversificación del portafolio de productos y la adopción de prácticas asociadas a la economía circular.

No obstante, a nivel operativo, las empresas manufactureras dedicadas a la producción de empaques termo encogibles enfrentan dificultades relacionadas con la optimización de recursos y el control eficiente de los inventarios de insumos. En particular, en el área de sellado de la empresa analizada como caso de estudio, se identifican quiebres recurrentes de inventario de materiales de empaque durante el despacho de productos terminados, lo que genera interrupciones en la producción, retrasos en las entregas e incrementos en los costos operativos derivados de compras urgentes.

Antecedentes

Lempresa objeto de estudio pertenece al sector manufacturero de empaques termo encogibles en Ecuador y opera bajo la modalidad Make To Order (MTO), en la cual la producción se activa exclusivamente en función de los pedidos específicos de los clientes. Si bien este enfoque permite reducir inventarios de producto terminado, incrementa significativamente la dependencia de un control riguroso de los inventarios de insumos, ya que cualquier falta de materiales impacta de forma directa en la continuidad del proceso productivo (Slack y Brandon, 2022). Una gestión ineficiente de inventarios constituye un factor crítico que incrementa el riesgo operativo de la organización, al generar desabastecimientos, sobrecostos por compras emergentes y retrasos en la ejecución de las actividades productivas. Esta situación limita la capacidad de planificación y control, afectando directamente la continuidad de las operaciones y la eficiencia en el uso de los recursos.

Dentro de la estructura productiva de la empresa, el área de sellado cumple un rol estratégico, al constituir la etapa final del proceso previo al despacho del producto terminado. Esta área depende directamente de la disponibilidad oportuna de materiales de empaque, tales como fundas termo encogibles, bobinas y otros insumos críticos. Sin embargo, durante los últimos años, la empresa ha presentado problemas recurrentes en la gestión de estos inventarios, evidenciados en quiebres de stock frecuentes que han provocado paradas no planificadas de producción, reprocesos y retrasos en la entrega de pedidos a los clientes. Estos eventos no se presentan de manera aislada, sino de forma repetitiva, afectando de manera constante el desempeño operativo del área.

Históricamente, el control de inventarios en la empresa se ha realizado mediante registros manuales y revisiones periódicas, sin el soporte de herramientas digitales que permitan visualizar los niveles de stock en tiempo real. Esta forma de gestión limita la capacidad de anticipación ante posibles desabastecimientos y obliga a una actuación reactiva frente al problema, como consecuencia, las decisiones de reposición se toman cuando el inventario ya se encuentra en niveles críticos o cuando el material se ha agotado, incrementando la probabilidad de quiebres de stock y paradas de producción. (Heizer et al., 2023)

Aunque la empresa ha implementado acciones correctivas puntuales, como compras de emergencia, reprogramación reactiva de la producción y ajustes operativos temporales, estas medidas no han permitido eliminar la causa raíz del problema. Por el contrario, han generado incrementos en los costos operativos, subutilización de la capacidad instalada y presión sobre los tiempos de entrega. Ballou (2020) señala que los quiebres de inventario constituyen una de las principales fuentes de ineficiencia en entornos manufactureros, al afectar simultáneamente los costos, la productividad y el nivel de servicio al cliente.

Durante el primer semestre del año 2025, la empresa registró una producción total de 17.302.282 unidades de fundas termo encogibles bajo la modalidad MTO, evidenciando una alta variabilidad mensual en los volúmenes producidos. Como se observa en la Figura No.2, el mes de enero presentó el mayor nivel de producción, seguido de fluctuaciones y una reducción progresiva hasta el mes de junio. Esta variabilidad productiva incrementa la complejidad de la gestión de inventarios de materiales de empaque y refuerza la necesidad de contar con mecanismos de control más precisos, ya que cualquier falta de insumos impacta directamente en la continuidad del proceso productivo.

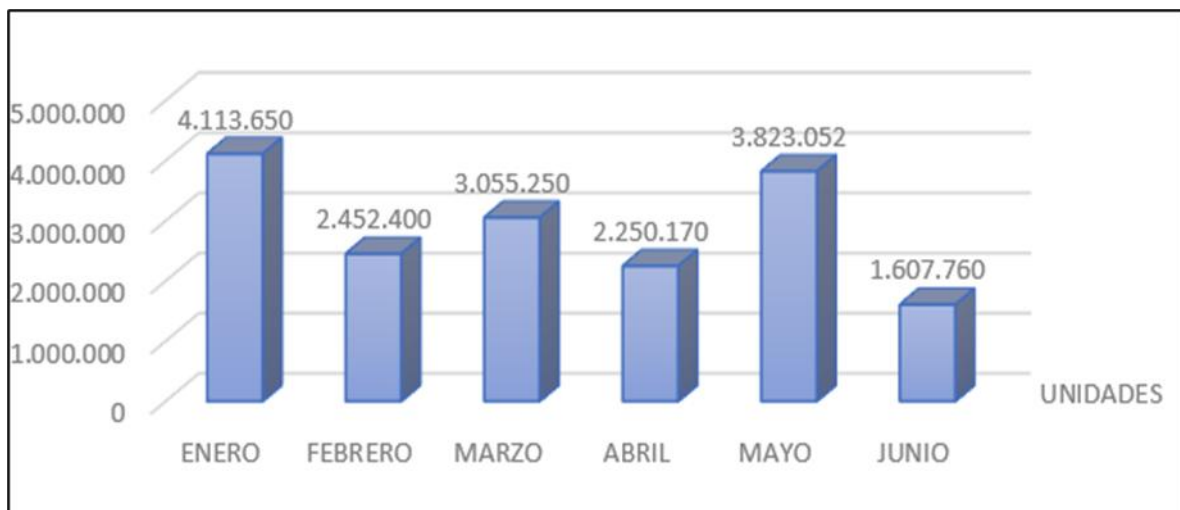


Figura No. 2: Análisis de producción primer semestre 2025.

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. La evidencia documental interna, sustentada en reportes de paradas no planificadas, registros de compras urgentes e indicadores de cumplimiento de pedidos, demuestra que la indisponibilidad de materiales de empaque ha afectado de manera negativa la eficiencia operativa de la empresa. Estos problemas se reflejan en tiempos muertos, reprocesos,

retrasos en los despachos y deterioro del nivel de servicio al cliente, comprometiendo la competitividad de la organización en un entorno industrial dinámico. (Chopra y Meindl, 2016)

En este escenario, se identifica como causa principal la ausencia de un sistema de monitoreo de inventarios en tiempo real que permita generar alertas preventivas cuando los niveles de stock se aproximan al punto de seguridad. Esta limitación impide una gestión preventiva del inventario y obliga a la empresa a reaccionar ante el desabastecimiento en lugar de anticiparlo. Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar e implementar un sistema de alertas inteligentes para la gestión de inventarios de materiales de empaque en el área de sellado, orientado a reducir los quiebres de stock, minimizar las paradas no planificadas y garantizar la continuidad operativa de la empresa.

Justificación

La **importancia** de la implementación de un sistema de alertas inteligentes para la gestión de inventarios de materiales de empaque resulta relevante, ya que permite intervenir de manera efectiva este proceso crítico. Los quiebres de stock de insumos esenciales impactan directamente en la continuidad operativa de la empresa, generando paradas no planificadas en el área de sellado, retrasos en el cumplimiento de los pedidos y un incremento en los costos operativos asociados a reprocesos y compras de emergencia.

Asimismo, la ausencia de mecanismos de alerta preventiva limita la capacidad de anticipación y la toma de decisiones oportunas, lo que afecta la eficiencia global del proceso productivo. En este sentido, la intervención propuesta se justifica como una acción necesaria para fortalecer la gestión de inventarios, reducir los riesgos operativos y asegurar un desempeño productivo más estable y confiable.

El **impacto** de la propuesta se evidencia de manera directa en los ámbitos académico, institucional y social. A nivel académico, la investigación aporta un caso aplicado sobre el uso de alertas inteligentes para la gestión de inventarios en un entorno productivo Make to Order (MTO), contribuyendo al conocimiento práctico en el campo de la gestión de operaciones.

En el ámbito institucional, la implementación del sistema de alertas inteligentes genera mejoras operativas al permitir un control preventivo de los inventarios, reducir los quiebres de stock y minimizar las paradas no planificadas en el área de sellado, lo que

fortalece la continuidad operativa del proceso productivo. Asimismo, se evidencian mejoras económicas, reflejadas en la reducción de costos asociados a compras de emergencia, reprocesos y tiempos muertos, así como en la optimización de los tiempos de reposición de materiales.

La **utilidad** del sistema de alertas inteligentes se manifiesta en su aplicación directa a la gestión diaria de los inventarios de materiales de empaque. En la práctica, el sistema permite monitorear de forma continua los niveles de stock y generar alertas automáticas cuando estos se aproximan al nivel de seguridad, facilitando que el área de planificación y abastecimiento tome decisiones oportunas de reposición antes de que ocurra el desabastecimiento. De esta manera, la empresa puede anticiparse a quiebres de stock, reducir la dependencia de controles manuales y disminuir la ocurrencia de paradas no planificadas en el área de sellado. Además, la información generada por el sistema mejora la coordinación entre las áreas de producción, planificación y compras, lo que se traduce en una reducción de tiempos muertos, un mayor control interno y una gestión de inventarios más eficiente y confiable.

Los **beneficiarios** directos de la propuesta son el personal de las áreas de inventarios, producción y planificación de compras, quienes dispondrán de una herramienta que facilite el control y la reposición oportuna de materiales. De manera indirecta, la empresa en su conjunto se beneficiará mediante la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de costos. Asimismo, los clientes externos resultarán beneficiados al recibir sus pedidos en los plazos establecidos, incrementando su nivel de satisfacción y confianza en la organización.

La **factibilidad** de la propuesta de implementación del sistema de alertas inteligentes desde los puntos de vista técnico, económico y operativo. En el ámbito técnico, la solución se basa en el uso de herramientas digitales accesibles y compatibles con los sistemas actualmente utilizados por la empresa, lo que permite su implementación sin requerir inversiones significativas en infraestructura adicional ni modificaciones complejas en los procesos existentes. Asimismo, la plataforma seleccionada presenta una interfaz intuitiva y de fácil integración, lo que facilita su adopción y uso por parte del personal operativo y administrativo.

Finalmente, desde el punto de vista económico, la propuesta resulta viable debido a los bajos costos asociados a su desarrollo, implementación y mantenimiento, en comparación con los costos generados por las paradas no planificadas, las compras urgentes de materiales y los reprocesos derivados de los quiebres de stock.

Objetivo general

Implementar un sistema de alertas inteligentes para la gestión de inventarios de materiales de empaque en el área de sellado de fundas termo encogibles, mediante la configuración de alertas automatizadas en la plataforma AppSheet, con el fin de prevenir quiebres de stock y garantizar la continuidad del proceso productivo.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso de gestión de inventarios del área de sellado, utilizando herramientas de análisis de procesos como diagramas de flujo y revisión de registros operativos, para identificar las causas del quiebre de stock.
- Definir los niveles de stock de seguridad y los criterios de alerta para los materiales de empaque, a partir del análisis del consumo histórico y la frecuencia de reposición, con el propósito de anticipar necesidades de abastecimiento.
- Implementar el sistema de alertas inteligentes en la plataforma AppSheet, de manera que se generen notificaciones automáticas al personal responsable cuando el inventario alcance niveles críticos, con el fin de reducir paradas de producción por falta de materiales.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La empresa objeto de estudio pertenece al sector industrial dedicado a la transformación de polímeros para la fabricación de empaques termo encogibles, los cuales constituyen un elemento fundamental dentro de la cadena de suministro de productos que requieren protección, identificación y presentación específica, como se aprecia en la Figura No.3.



Figura No. 3: Fundas termo encogibles

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. Su sistema productivo opera bajo la modalidad Make To Order (MTO), en la cual las órdenes de producción se generan únicamente después de la recepción de pedidos formales por parte de los clientes. Si bien el modelo MTO permite reducir inventarios de producto terminado y adaptarse a la demanda real del mercado, también impone una alta dependencia de la disponibilidad oportuna de materiales auxiliares, entre los que destacan los materiales de empaque utilizados en el área de sellado. La ausencia de estos insumos impide la finalización del proceso productivo, aun cuando la materia prima principal y la maquinaria se encuentren disponibles.

La empresa cuenta con una estructura organizacional de tipo funcional, dentro de la cual el área de sellado se identifica como un punto crítico del proceso productivo, ya que en esta etapa se realizan las operaciones finales necesarias para garantizar la correcta presentación, protección y consolidación del producto terminado previo a su despacho. En esta fase se integran diversos materiales de empaque, tales como fundas, cajas y elementos de embalaje, cuya gestión resulta determinante para la continuidad de la

producción. Actualmente, la gestión de los materiales de empaque en el área de sellado se realiza mediante registros manuales y controles informales, sin el apoyo de un sistema digital que permita monitorear en tiempo real los niveles de inventario ni generar alertas preventivas cuando estos se aproximan a niveles críticos. Esta situación ha originado frecuentes quiebres de stock, obligando a detener el proceso productivo o a adoptar decisiones reactivas de compra.

Los registros de producción correspondientes al período enero–junio de 2025 evidencian la magnitud del problema, en el análisis de los paros de producción muestra que la causa asociada a la falta de materiales de empaque representa aproximadamente el 25% del total de los tiempos de paro, ubicándose como una de las principales causas de interrupción de la línea de producción. Este resultado confirma que la deficiente gestión del inventario de empaques impacta de manera directa en la eficiencia operativa del área de sellado y en el cumplimiento de los plazos de entrega establecidos con los clientes.

De manera complementaria, el análisis del flujo del proceso productivo y del cursograma analítico permite identificar tiempos improductivos asociados a esperas por disponibilidad de material de empaque, los cuales no generan valor agregado y afectan la continuidad del flujo operativo. Estas esperas constituyen un cuello de botella que incrementa el tiempo total del proceso, reduce la productividad y compromete la utilización eficiente de los recursos disponibles.

El análisis del consumo de materiales de empaque durante el primer semestre del año 2025 evidencia una alta variabilidad en la demanda, tanto entre los distintos tipos de empaques como a lo largo del tiempo para un mismo material. Esta variabilidad dificulta la planificación manual del inventario y aumenta el riesgo de desabastecimiento, especialmente en un entorno MTO donde los requerimientos pueden cambiar de un pedido a otro. La ausencia de parámetros formalmente definidos de stock mínimo y stock de seguridad, así como la falta de mecanismos de alerta temprana, provoca que el personal detecte los faltantes únicamente cuando el material ya se ha agotado o se encuentra en niveles críticos. Como consecuencia, se generan compras urgentes, incrementos en los costos operativos, retrasos en la producción y riesgos de incumplimiento de los compromisos asumidos con los clientes.

En función de lo expuesto, se identifica como problema central la falta de un sistema automatizado de alertas inteligentes para la gestión de inventarios de materiales de empaque en el área de sellado, lo cual ocasiona quiebres de stock, paros no planificados y pérdida de eficiencia operativa. Esta situación justifica la necesidad de implementar una solución digital que permita monitorear de forma continua los niveles de inventario, generar alertas oportunas y apoyar la toma de decisiones, contribuyendo así a la optimización de la gestión de inventarios y a la mejora del desempeño productivo de la empresa.

La empresa objeto de estudio tiene como función la fabricación de empaques termo encogibles cuenta con una estructura organizacional de tipo funcional, diseñada para garantizar el cumplimiento de los procesos productivos y administrativos de forma eficiente, cómo se presentan en la Figura No.4.

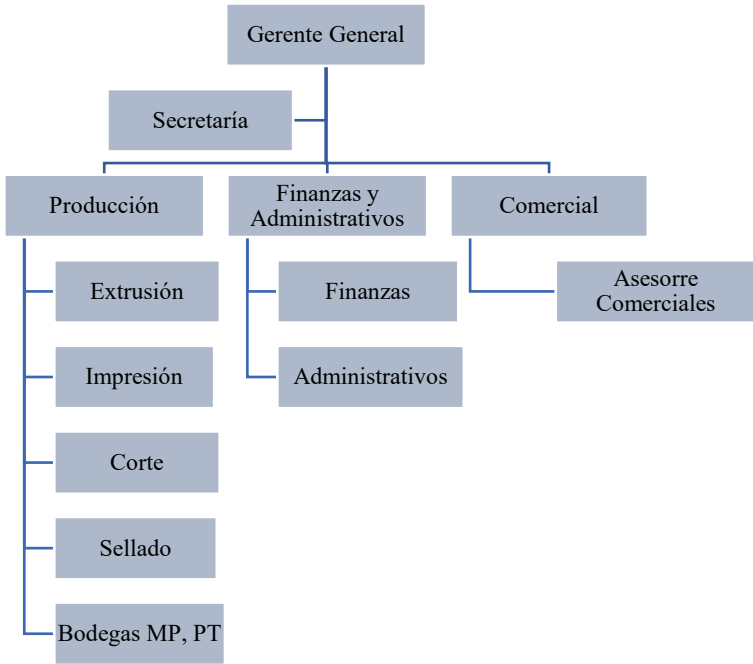


Figura No. 4: Estructura organizacional de la empresa.

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. El área de sellado constituye un punto crítico dentro de la cadena productiva, ya que es donde se realizan las operaciones finales para garantizar la presentación y funcionalidad del empaque. En esta fase se integran elementos como cajas, empaques internos, etiquetas que permiten proteger, identificar y consolidar el producto terminado para su posterior despacho al cliente.

A esta situación se suma una problemática recurrente en el área relacionada con la gestión ineficiente de los materiales de empaque, originada por un control manual e informal del inventario. Esta condición se manifiesta en frecuentes quiebres de stock, los cuales provocan interrupciones en la línea de producción y obligan a la ejecución de procesos de compra reactivos, incrementando los costos operativos y los tiempos de reposición.

Asimismo, se evidencia una limitada trazabilidad y un escaso control sobre los consumos reales y los niveles mínimos de inventario, lo que dificulta la planificación adecuada del abastecimiento. Esta situación incrementa el riesgo de incumplimiento en los plazos de entrega y en los estándares de calidad comprometidos con el cliente.

Descripción del proceso

El diagrama de flujo constituye una herramienta fundamental para el análisis del proceso, ya que facilita la identificación de actividades que agregan valor y aquellas que no contribuyen directamente al producto final, tales como tiempos de espera, desplazamientos innecesarios y reprocesos. A través de esta representación gráfica, se evidencian cuellos de botella y oportunidades de mejora, especialmente en etapas críticas como el cambio de bobina, el ajuste de parámetros de la máquina y las verificaciones de calidad.

Por otra parte, la inclusión de flujos alternativos dentro del diagrama evidencia la existencia de variabilidad en el proceso, ya sea por ajustes operativos, fallas en el material o intervenciones correctivas, lo que permite comprender mejor la dinámica real de la operación.

En la Figura No. 5 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso productivo del área de sellado en la organización, donde se observa la secuencia lógica de las operaciones, los puntos de control de calidad y los posibles flujos alternativos que pueden generarse durante la fabricación del producto.

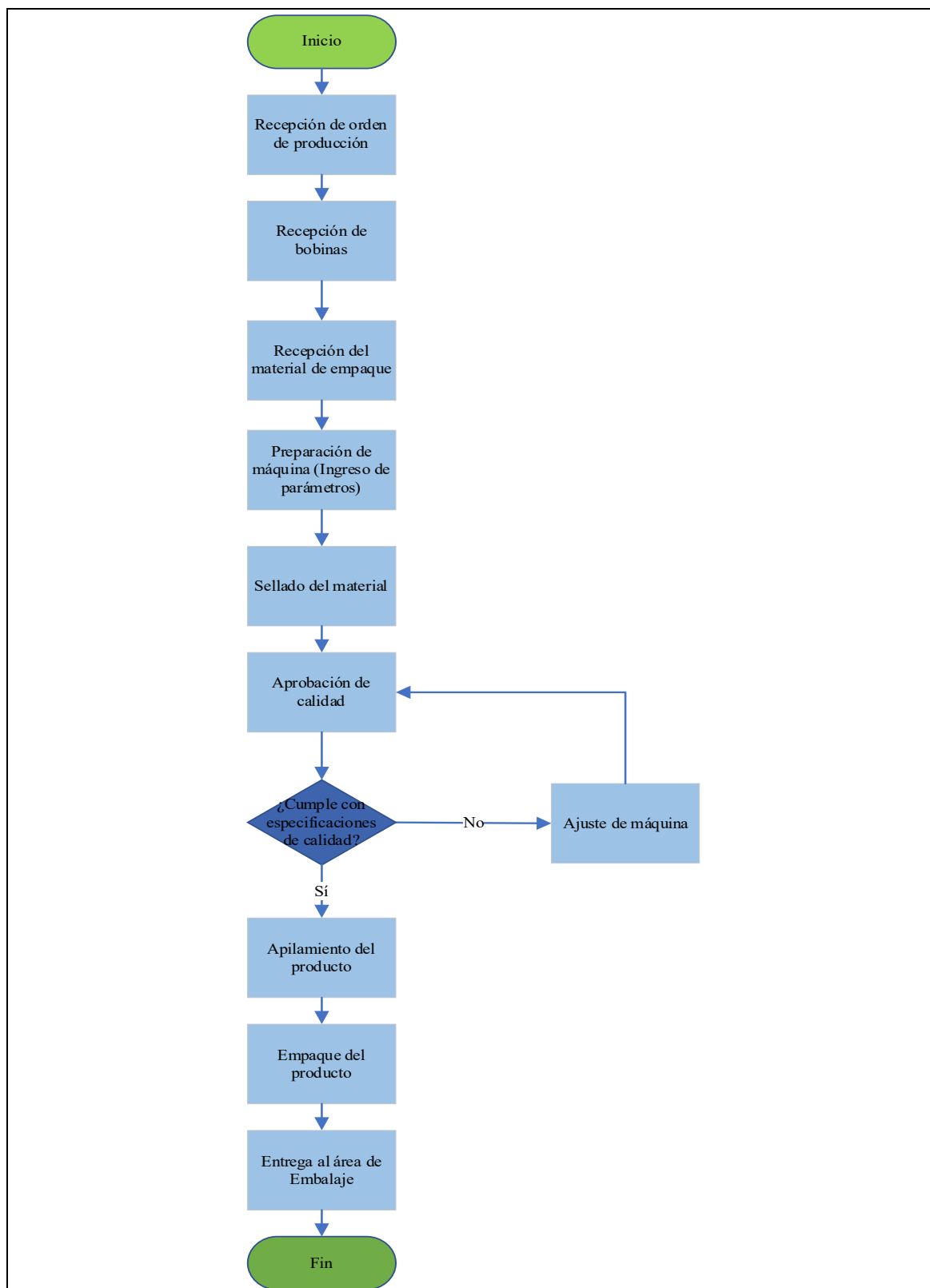


Figura No. 5: Diagrama de flujo del proceso de sellado.

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

- Recepción de la orden de producción que inicia con la recepción formal de la orden de producción, la cual contiene las especificaciones técnicas, cantidades y plazos de entrega requeridos.
- Recepción de bobinas se procede a la recepción de las bobinas de materia prima necesarias para la fabricación del producto, estas deben cumplir con los estándares de calidad y dimensiones establecidos por lo que deben estar liberadas por el departamento de calidad.
- Recepción del material de empaque de manera paralela, se realiza la solicitud y recepción del material de empaque que se utilizará para proteger y presentar el producto final.
- Preparación de la máquina una vez disponibles los materiales, se procede a la configuración y ajuste de los parámetros de la maquinaria de producción, de acuerdo a las especificaciones técnicas del producto.
- Sellado del material tras la preparación de la máquina, se lleva a cabo el proceso de sellado del material, según el requerimiento del cliente.
- Aprobación de calidad posteriormente, se realiza una inspección exhaustiva del producto para verificar que cumpla con los estándares de calidad requeridos. En caso de no aprobar la inspección, se regresa al paso de Sellado del Material para realizar los ajustes necesarios.
- Apilamiento si el producto es aprobado, se procede a su apilamiento de manera ordenada y cuidadosa.
- Empaque se realiza el empaque del producto, utilizando el material de embalaje recibido anteriormente.
- Entrega a embalaje finalmente, el producto empacado es entregado al área de embalaje, donde se prepara para su distribución y entrega al cliente.

La empresa enfrenta un problema crítico relacionado con los paros en la producción durante el primer semestre del año 2025, estos paros afectan la continuidad y eficiencia del proceso productivo, generando retrasos en la entrega, aumento en costos operativos y pérdida de productividad como se puede observar las causas en la Tabla No.1.

Tabla No. 1: Registros de causas de pérdida de tiempo.

Cod	Causas	Enero (min)	Febrero (min)	Marzo (min)	Abril (min)	Mayo (min)	Junio (min)	Subtotal	%
S72	Ajuste Maq	2.085	1.701	1.698	944	843	598	7.869	25%
S61	Rev. Calidad	12	345	34	12	121	123	647	2%
S78	Mant. Preven	23	123	60	50	38	0	294	1%
S76	Camb. Teflón	56	87	32	25	34	123	357	1%
S86	Cuadre Maq.	55	54	23	21	24	34	211	1%
S73	Limpieza Maq.	234	123	112	321	213	145	1.148	4%
S91	Limp. Área	345	123	22	56	76	89	711	2%
P98	Capacitación	0	0	740	160	60	130	1.09	3%
S79	Susp. Energía	0	0	40	165	0	40	245	1%
S78	Mant. Correct	123	222	45	30	540	123	1.083	3%
S71	Falla Extr.	185	121	233	123	234	545	1.441	5%
S70	Falla Impr	123	123	43	98	121	112	620	2%
S62	Cam. Bobina	2.638	1.59	1.972	0	0	0	6.2	20%
S92	Empaques	0	1.16	0	2.921	1.562	1.016	6.659	21%
S93	Rotura Mat.	50	0	0	310	85	60	505	2%
S94	Empates	290	405	228	10	60	0	993	3%
S83/S84	Espera De Material	240	0	115	623	365	227	1.57	5%
TOTAL		6.459	6.177	5.397	5.869	4.376	3.365	31.643	100%

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Diagrama de Pareto Paros de Producción

El diagrama de Pareto de causas permite identificar y priorizar los factores que generan mayor impacto en las incidencias del proceso productivo. A través de este análisis, se observa que un número reducido de causas concentra la mayor proporción de los problemas, destacándose principalmente los ajustes de maquinaria, los empaques y los cambios de bobina.

En la Figura No.6, se presenta el diagrama correspondiente a los paros de producción en el período enero–junio evidencia que la mayor incidencia se concentra en seis causas principales ajuste de máquina, empaques, cambio de bobina, espera de material, fallas externas y limpieza de máquina. En conjunto, estas categorías representan aproximadamente el 80% del total de los paros registrados, lo que confirma su carácter crítico dentro del proceso productivo.

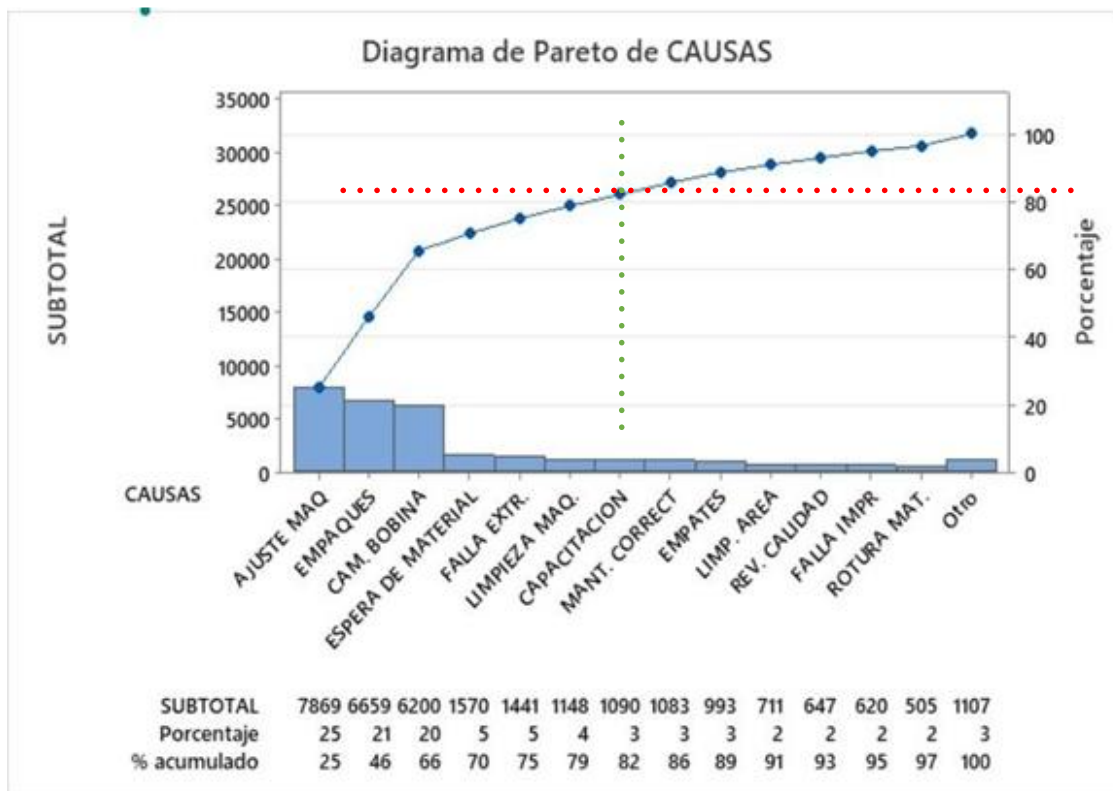


Figura No. 6: Diagrama de Pareto de causas.

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. En consecuencia, resulta prioritario enfocar las acciones de mejora en estas causas principales, mediante la implementación de mecanismos de control y monitoreo, como un sistema de alertas inteligentes, que permita anticipar quiebres de stock, optimizar la disponibilidad de materiales y reducir las interrupciones en la línea de producción. Con el objetivo de identificar y cuantificar las principales causas de los paros de producción en el área de sellado, se realizó un análisis de los registros correspondientes al período enero–junio de 2025. Esta información fue sistematizada y clasificada según la naturaleza de las incidencias, permitiendo determinar la magnitud del impacto de cada causa en términos de minutos de paro.

A partir de este análisis, se elaboró la Tabla No. 2, en la cual se presentan las principales causas de interrupción del proceso productivo y su respectiva incidencia acumulada, con el propósito de facilitar la priorización de acciones de mejora orientadas a la reducción de tiempos improductivos y al fortalecimiento de la eficiencia operativa.

Tabla No. 2: Registro de paros

Causa del Paro	Minutos de Paro (enero-junio 2025)
Ajuste de maquinaria	7869
Falta de empaques	6659
Cambio de bobina	6200
Espera de material	1570
Fallas de extrusión	1441
Limpieza de máquina	1148
Otros	6756
Total	31643

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Cursograma Analítico del Proceso de Sellado

El cursograma analítico para el proceso de sellado de fundas termo encogibles refleja de manera detallada la secuencia de actividades, los tiempos empleados y la clasificación de cada tarea según sea una actividad productiva o improductiva. El análisis del cursograma del proceso de sellado de fundas termo encogibles para un lote de 30.000 unidades evidencia que el tiempo total requerido es de 12 horas con 38 minutos. Este valor se obtiene a partir de la suma de las operaciones directas y de las actividades de apoyo, donde se observa un predominio de los tiempos improductivos frente a los tiempos que generan valor agregado.

El proceso de sellado es, la más significativa corresponde al sellado, que acumula 600 minutos (10 horas) y constituye la única actividad que aporta valor directo al producto, dado que es en esta etapa donde se garantiza la unión y resistencia de las fundas termo encogibles. Por lo que, el sellado se considera el núcleo del proceso productivo y el verdadero generador de valor, los tiempos improductivos se distribuyen en actividades de apoyo como ajustes de máquina, cambios de bobina, inspecciones y esperas asociadas al abastecimiento de material de empaque. En particular, los ajustes de máquina representan 35 minutos y los cambios de bobina acumulan 36 minutos (12 minutos por cada cambio), constituyéndose en actividades necesarias, pero que no generan valor directo al producto. De igual manera, las esperas asociadas al empaque lo que revela un cuello de botella en el flujo operativo, como se presenta en la Figura No.7.

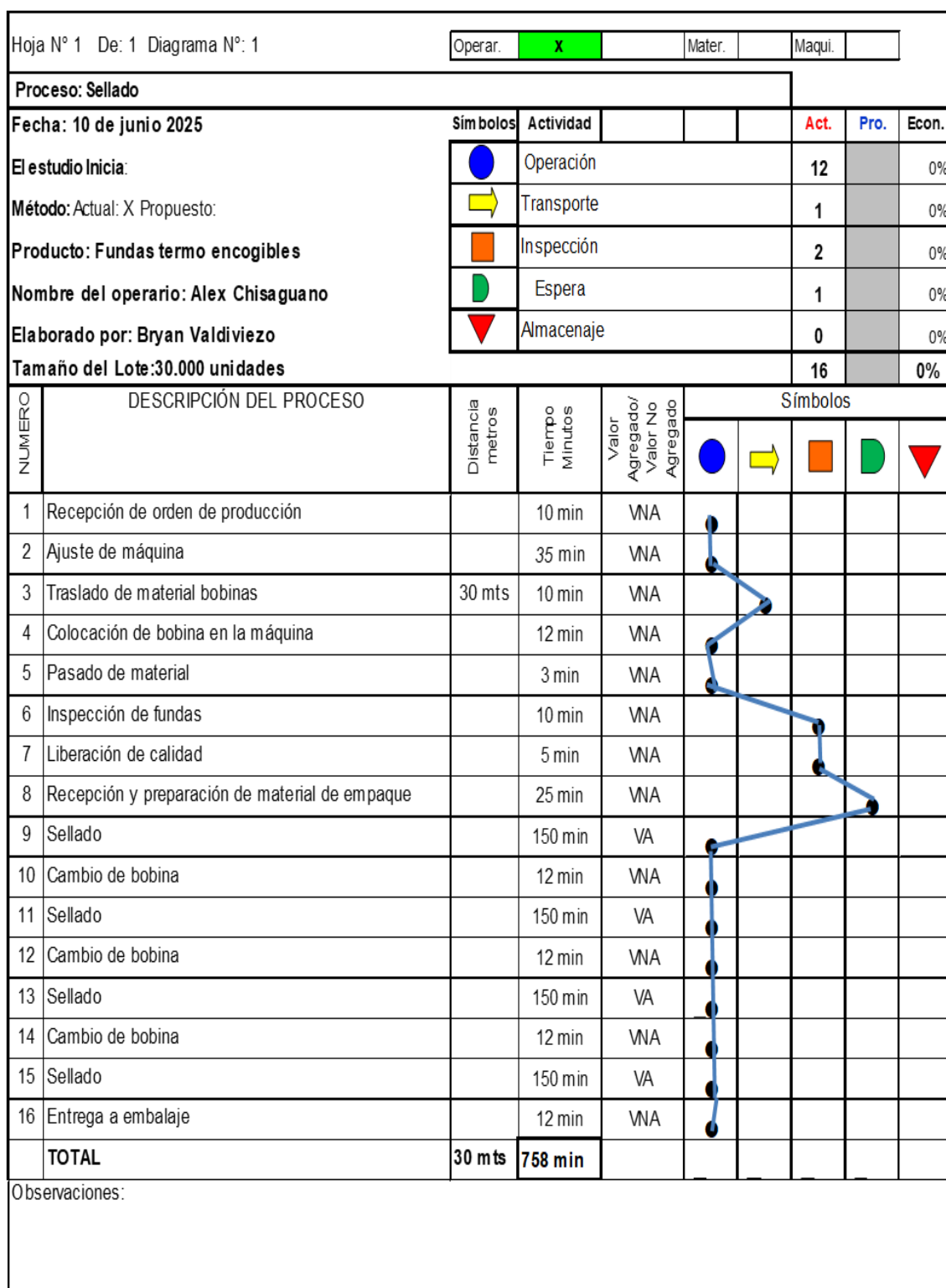


Figura No. 7: Cursograma analítico del proceso de sellado.

Elaborado por: El autor adaptado al basarse en el cursograma analítico del proceso <https://es.scribd.com/document/527785408/ejemplo-cursograma-analitico>.

El proceso modelado corresponde específicamente a la línea de sellado de fundas termoencogibles, con el fin de delimitar el alcance del estudio y evitar ambigüedades respecto a otras líneas de producción existentes en la empresa. Es así que, la aplicación de metodologías orientadas a la reducción de tiempos improductivos, como el sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die), permite disminuir significativamente los tiempos de preparación y ajuste de máquinas, contribuyendo a la mejora de la eficiencia operativa.

De acuerdo con Shigeo Shingo (1985), el SMED tiene como objetivo reducir los tiempos de cambio a menos de diez minutos mediante la estandarización y separación de actividades internas y externas. Asimismo, autores como Rajiv Kumar y Pankaj Kumar (2017) evidencian que la implementación de SMED puede reducir los tiempos de setup entre un 30% y 70%, incrementando la disponibilidad de los equipos y la productividad. Por lo tanto, la planificación eficiente del abastecimiento de bobinas y la optimización de la gestión de materiales de empaque, integradas con herramientas Lean Manufacturing, permiten reducir tiempos muertos, mejorar el flujo de producción y aumentar la proporción de actividades de valor agregado dentro del proceso de sellado.

La selección de la metodología SMED se justifica debido a que el problema identificado se centra en los tiempos de preparación y cambio de máquina en el proceso de sellado, los cuales generan tiempos improductivos y afectan la continuidad operativa. A diferencia de otras herramientas Lean como 5S, que se enfoca en la organización del espacio de trabajo, o Kanban, orientado al control de inventarios, el SMED está específicamente diseñado para reducir tiempos de setup y mejorar la flexibilidad productiva (Shingo, 1985). Por tanto, su aplicación resulta más pertinente para abordar directamente la causa raíz del problema identificado.

El análisis de tiempos del proceso de sellado se realizó mediante la técnica de estudio de tiempos con cronometraje directo, la cual permite medir y evaluar la duración de cada actividad que conforma el proceso productivo. Según García (2005), el estudio de tiempos consiste en registrar, analizar y evaluar el tiempo requerido para la ejecución de una tarea bajo condiciones normales de trabajo, con el fin de establecer estándares y detectar ineficiencias. Por lo tanto, para garantizar la confiabilidad de los datos, se determinó el número de observaciones necesarias utilizando la Ecuación No.1.

Ecuación No. 1: Número de observaciones

$$n = \left(\frac{Z \times S}{E \times \bar{x}} \right)^2$$

Donde:

n: número de observaciones

Z: nivel de confianza (1.96 para 95%)

s: desviación estándar preliminar

E: error permitido

$\bar{x}$: tiempo promedio observado

A partir de la aplicación de esta metodología, se obtuvieron los tiempos promedio de cada actividad del proceso, diferenciando entre actividades de valor agregado y no productivas, se presentan en la Tabla No.3 la toma de tiempos de acuerdo a las observaciones realizadas.

Tabla No. 3: Cronometraje del proceso de sellado.

Nº	Actividad	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4	Obs5	Tiempo promedio (min)
1	Recepción de orden de producción	10	10	10	8	12	10
2	Ajuste de máquina	38	32	38	35	35	36
3	Traslado de material de boninas	10	9	9	12	10	10
4	Colocación de bobina en la máquina	12	11	10	10	12	11
5	Pasado de material	2	4	5	3	2	3
6	Inspección de fundas	11	12	14	8	12	11
7	Liberación de calidad	3	4	6	8	8	6
8	Recepción y preparación de material de empaque	23	30	24	25	23	25
9	Sellado	155	160	140	155	155	153
10	Cambio de bobina	13	11	13	11	12	12
11	Sellado	145	150	145	160	165	153
12	Cambio de bobina	12	11	10	10	12	11
13	Sellado	160	158	165	155	165	161
14	Cambio de bobina	12	11	10	10	12	11
15	Sellado	130	140	135	130	138	135
16	Entrega a embalaje	11	10	12	10	12	11
Total de tiempo (minutos)							758

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Al realizar el desglose sistemático de los tiempos empleados en las distintas actividades que conforman el proceso de producción, diferenciando entre aquellas que generan valor agregado y las que no, se encuentra lo siguiente:

- Actividades de valor agregado (sellado) 600 minutos.
- Actividades no productivas (esperas, ajustes y cambios) 158 minutos.
- Tiempo total del proceso 758 minutos.

El análisis de estos datos permite establecer que las actividades de valor agregado representan el 79% del tiempo total del proceso, evidenciando su relevancia en la generación de valor para el producto final. Además, que las actividades no productivas representan el 21% restante del tiempo, señalando áreas susceptibles de optimización, como se presenta en la Tabla No.4.

Tabla No. 4: Análisis de tiempos

Tipo de actividad	Tiempo (min)	Tiempo (horas)
Actividades de valor agregado (sellado)	600	10
Actividades improductivas (esperas, ajustes, cambios)	158	2.63
Total	758	12.63

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. Estos resultados indican oportunidades significativas para la reducción de tiempos no productivos, con el propósito de incrementar la eficiencia global del proceso de sellado. En la Tabla No.5 se detallan los tiempos muertos del proceso, definidos como aquellos intervalos en los que no se genera valor agregado para el producto como:

- Ajuste de máquina,
- Cambio de bobina,
- Esperas asociadas al empaque.

Tabla No. 5: Análisis de tiempos muertos.

Actividad	Tiempo (minutos)	Observación
Ajuste de máquina	35	Necesario, pero no aporta valor
Cambios de bobina	36	Recurrente que afecta la continuidad
Esperas asociadas al empaque	25	Principal cuello de botella del proceso

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

A partir de la observación del proceso, se identifica que los ajustes de máquina (35 minutos) y los cambios de bobina (36 minutos) son actividades necesarias para el funcionamiento del sistema productivo; sin embargo, no aportan valor directo al producto final, por lo que se clasifican como actividades no generadoras de valor.

En contraste, las esperas asociadas al empaque (25 minutos) representan una ineficiencia crítica dentro del proceso, al constituirse como un cuello de botella que interrumpe el flujo continuo de producción. Esta situación incide negativamente en la productividad del área de sellado, al generar tiempos muertos y evidenciar deficiencias en la disponibilidad y gestión de materiales de empaque.

En el área de sellado para la fabricación de fundas termo encogibles, se identifican trece tipos de empaques que se requieren en el área, cuya utilización se realiza de acuerdo con la demanda de producción específica en cada mes, como se presenta en la Tabla No.6.

Tabla No. 6: Lista de empaques.

N.	Tipo de Empaque	Medidas
1	Fda Empaq Barrera	9 X19
2	Fda Empaq Barrera	10 X 19
3	Fda Empaq Barrera	14X19 S
4	Fda Empaq Barrera	15 X 19
5	Fda Empaq Barrera	12X 24 S
6	Fda Empaq Barrera	12X19 S
7	Fda Empaq Barrera	13X19 S
8	Fda Empaq Barrera	14X 24 S
9	Fda Empaq	430 X 630
10	Fda Empaq Barrera	10 X 19
11	Fda Empaq Barrera	11 X 19
12	Fda Empaq Barrera	450 X600
13	Fda Empaq Barrera	16 X 19

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. El registro y control de estos materiales es fundamental para garantizar la continuidad del proceso productivo, optimizar la gestión de inventarios y minimizar posibles interrupciones por falta de insumos. permite una planificación más precisa de los

requerimientos de materiales, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de eficiencia y productividad establecidos para el área de sellado.

El análisis del consumo de materiales de empaque durante el primer semestre de 2025 permite identificar los patrones de uso y la variabilidad de la demanda de los distintos tipos de insumos utilizados en el área de sellado. Este comportamiento resulta clave para comprender la dinámica de consumo y detectar posibles fluctuaciones que inciden en la planificación operativa.

En la empresa objeto de estudio, el producto terminado corresponde a fundas termo encogibles, cuya producción se realiza en lotes de 30.000 unidades, por lo tanto, el pronóstico no se lo efectúa directamente sobre los materiales de empaque, debido a que estos constituyen insumos de demanda dependiente, es decir, su requerimiento está en función de la cantidad de producto terminado a fabricar.

Por tanto, el procedimiento correcto consiste en estimar la demanda futura de fundas termo encogibles a partir del histórico de ventas o producción y, posteriormente, determinar los requerimientos de materiales de empaque mediante la explosión de materiales, considerando la cantidad de insumo necesaria por lote de producción. Este enfoque permite planificar de manera más precisa el abastecimiento, reducir el riesgo de desabastecimiento y evitar excesos de inventario en el proceso productivo, por tanto, en la Tabla No.7 se presenta el requerimiento de materiales por lote de producción.

Tabla No. 7: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.

Producto terminado	Lote de producción total mensual	Material requerido	Consumo total por lote mensual	Requerimiento total mensual
Fundas termo encogibles	30.000 unidades	Empaque tipo A	30.000 und	30.000 und
Fundas termo encogibles	30.000 unidades	Bobina plástica	12 rollos	12 rollos
Fundas termo encogibles	30.000 unidades	Etiquetas	30.000 und	30.000 und

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. En función del análisis del comportamiento histórico de la producción de fundas termo encogibles, se estableció un escenario promedio de fabricación equivalente a tres lotes mensuales, considerando que cada lote está compuesto por 30.000 unidades. Este valor

se obtuvo a partir del promedio de producción registrado durante el período analizado, en el cual se evidenció una variabilidad en la demanda, pero con una tendencia central que oscila alrededor de las 90.000 unidades mensuales, como se presenta en la Tabla No.8.

Tabla No. 8: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.

Producto terminado	Lotes pronosticados totales mensual	Material requerido	Consumo total por lote mensual	Requerimiento total mensual
Fundas termo encogibles	3	Empaque tipo A	30.000 und	90.000 und
Fundas termo encogibles	3	Bobina plástica	12 rollos	36 rollos
Fundas termo encogibles	3	Etiquetas	30.000 und	90.000 und

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. En este sentido, el control adecuado de los materiales de empaque influye directamente en la eficiencia operativa y la productividad del área, al fortalecer la capacidad de respuesta ante variaciones en la producción y reducir el riesgo de interrupciones en la línea de sellado, en la Tabla No.9 presenta el consumo de materiales de empaque registrado durante el período analizado.

Tabla No. 9: Consumo mensual de materiales de empaque, enero–junio 2025.

Empaque Empaque	Cantidad Total mensual					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
FDA Empaq Barrera 9×19	0	4382	1176	9560	0	10
FDA Empaq Barrera 10×19	3655	0	2470	0	0	0
FDA Empaq Barrera 14×19 S	1190	1100	4995	5858	208	0
FDA Empaq Barrera 15×19	4717	3056	247	185	3608	2995
FDA Empaq Barrera 12×24 S	14698	0	7500	1	17666	2008
FDA Empaq Barrera 12×19 S	0	0	1245	0	2346	0
FDA Empaq Barrera 13×19 S	0	8985	8014	4101	1332	2402
FDA Empaq Barrera 14×24 S	2840	0	0	0	60	404
FDA Empaq 430×630	1734	4352	3425	0	6264	0
FDA Empaq Barrera 11×19	4959	37	1520	475	231	635
FDA Empaq Barrera 450×600	0	690	1	80	0	202
FDA Empaq Barrera 16×19	1412	0	20	191	0	0
Total	36932	22794	30553	22296	29623	11002

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Se observa que existe una gran variabilidad en la demanda mensual de los empaques, tanto entre distintos tipos de empaques como a lo largo del tiempo para un mismo empaque.

- El empaque FDA EMPAQ BARRERA 12X 24 S presenta un consumo significativamente elevado en los meses de enero, mayo y junio, con valores de 14,698, 17,666 y 2,008 unidades respectivamente. Este comportamiento sugiere que este tipo de empaque es crítico para la producción y podría considerarse un empaque de alta prioridad en la gestión de inventarios.
- En contraste, empaques como FDA EMPAQ BARRERA 450 X600 muestran un consumo muy bajo y esporádico, con picos aislados en febrero y abril, evidenciando un patrón de demanda irregular.

Pronóstico de la demanda

La planificación de la producción y de los inventarios en la empresa objeto de estudio requiere la estimación de la demanda futura de fundas termo encogibles, las cuales constituyen el producto terminado del proceso productivo. Por lo que, el pronóstico se realiza sobre el producto final y no sobre los materiales de empaque, debido a que estos presentan una demanda dependiente, es decir, su consumo está directamente determinado por el volumen de producción.

En consecuencia, los requerimientos de materiales se obtienen mediante la explosión de materiales, a partir del pronóstico de producción, lo que permite mejorar la precisión en la planificación del abastecimiento y reducir errores asociados al pronóstico directo de insumos, como se presenta en la Tabla No.10.

Tabla No. 10: Análisis de la demanda histórica.

Mes	Demanda Total (unidades)
Enero	36.932
Febrero	22.794
Marzo	30.553
Abril	22.296
Mayo	29.623
Junio	11.002

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. El comportamiento de la demanda evidencia una alta variabilidad entre períodos, lo que sugiere la presencia de componentes de tendencia y posibles patrones estacionales, por lo

que no es adecuado aplicar métodos de pronóstico basados únicamente en promedios simples.

Pronóstico con tendencia (Regresión lineal)

Con el fin de identificar la tendencia de la demanda en el tiempo, se aplicó el modelo de regresión lineal, el cual permite estimar la evolución de la demanda mediante la Ecuación No.2.

Ecuación No. 2: Modelo de regresión lineal

$$y_t = a + bt$$

Donde:

Y_t : demanda pronosticada

a: intercepto

b: pendiente (tendencia)

t: periodo de tiempo

Este modelo permite establecer una base cuantitativa para la proyección de la demanda de fundas termo encogibles, facilitando la planificación de la producción a mediano plazo. A partir de los datos históricos de producción mensual, se construyó una tabla de cálculo considerando las variables tiempo (t), demanda (Y), el cuadrado del tiempo (t^2) y el producto entre tiempo y demanda ($t \cdot Y$) como se presenta en la Tabla No.11 y en la Figura No.8.

Tabla No. 11: Regresión lineal

t	Y unidades	t²	t·Y
1	36,932	1	36,932
2	22,794	4	45,588
3	30,553	9	91,659
4	22,296	16	89,184
5	29,623	25	148,115
6	11,002	36	66,012
Σ	153,200 unidades	91	477,490

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

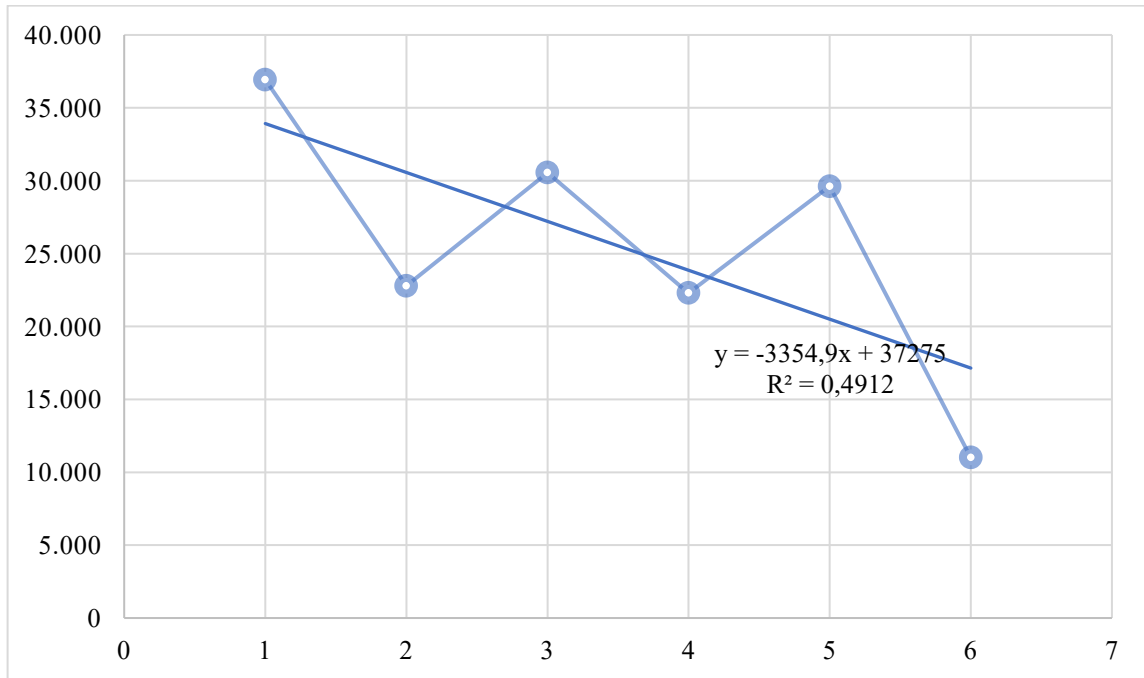


Figura No. 8: Regresión lineal.

Elaborado por: El autor ha tomado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Posteriormente, se calcularon los parámetros del modelo utilizando en la Ecuación No.3 y la Ecuación No.4.

Ecuación No. 3: Cálculo de b

$$b = \frac{n \sum(tY) - \sum(t) \sum(Y)}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Ecuación No. 4: Cálculo de a

$$a = \frac{\sum(Y) - b \sum(t)}{n}$$

Como resultado, se obtuvo la ecuación de tendencia:

$$Y_t = 37275.33 - 3354.86t$$

Esta ecuación permite estimar la demanda futura de fundas termo encogibles en función del tiempo, para el período siguiente ($t = 7$), se obtiene una demanda aproximada de 13.553 unidades.

$$Y_t = 37275.33 - 3354.86 \times 7$$

$$Y_t = 13791.31$$

El modelo evidencia una tendencia decreciente en la demanda, lo cual resulta relevante para la planificación de la producción y la gestión de inventarios, permitiendo anticipar posibles reducciones en el volumen de producción.

Pronóstico enfoque determinístico y estocástico

La planificación de inventarios de materiales de empaque en la empresa caso de estudio debe partir del pronóstico de la demanda del producto terminado, en este caso fundas termo encogibles, debido a que los insumos y subensambles presentan demanda dependiente. En los sistemas MRP, la demanda de componentes se deriva de la demanda del producto final a través de la lista de materiales, y no debe estimarse de manera aislada. Además del pronóstico por regresión lineal, se incorporó un enfoque de demanda estocástica, considerando la demanda como una variable aleatoria con media y desviación estándar. Esto permitió estimar no solo un valor esperado de demanda, sino también su rango probable de variación, mejorando la planificación de producción e inventarios bajo incertidumbre a partir de la serie histórica enero–junio 2025, se obtiene la media aplicando la ecuación No.5 y No.6 y los resultados se presentan en la Tabla No.12.

Ecuación No. 5: Media

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$$

Ecuación No. 6: Desviación estándar muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}}$$

Tabla No. 12: Resultados estadísticos.

Indicador	Valor
Número de observaciones	6
Media de la demanda	25.533,33
Desviación estándar muestral	8.955,40

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. El pronóstico estocástico puede expresarse a través de un intervalo esperado de demanda mediante la Ecuación No.7.

Ecuación No. 7: Pronóstico estocástico

$$D \sim N(\mu, \sigma)$$

Donde:

$$\mu = 25.533,13 \text{ unidades}$$

$$\sigma = 8.955,40 \text{ unidades}$$

Para un nivel de confianza del 95%, el intervalo estimado sería:

$$\mu \pm 1.96\sigma$$

$$25.533,33 \pm 1.96(8.955,40)$$

$$25.533,33 \pm 17.552,58$$

Por tanto, el rango probabilístico aproximado de demanda se ubica entre 7.980,75 y 43.085,91 unidades.

La empresa fabrica fundas termo encogibles en lotes de 30.000 unidades. Desde el punto de vista determinístico, la media histórica de 25.533 unidades mensuales se aproxima a un lote por mes. Sin embargo, desde el enfoque estocástico, la demanda puede fluctuar de forma importante alrededor de ese valor, por lo que la planificación no debería basarse exclusivamente en la media, sino también en la variabilidad observada.

Stock mínimo y de seguridad

Para la determinación de los niveles de inventario del producto terminado, se calcularon el stock mínimo y el stock de seguridad a partir de la demanda histórica mensual de fundas termo encogibles.

El stock mínimo se obtuvo como la demanda promedio durante el tiempo de reposición, mientras que el stock de seguridad se calculó considerando la variabilidad de la demanda y un nivel de servicio del 95%. El stock mínimo se lo define mediante la demanda esperada durante el tiempo de reposición aplicando la Ecuación No.8.

Ecuación No. 8: Stock mínimo

$$SM = \bar{D} \times L$$

Donde:

SM = stock mínimo

$\bar{D}$ = demanda promedio del período (25.533,33)

L = tiempo de reposición en períodos (1 mes)

$$SM = 25.533,33 \times 1$$

$$SM = 25.533,33 \text{ unidades}$$

Para el stock de seguridad (SS) se considera la variable y lead time constante mediante la aplicación de la Ecuación No.9.

Ecuación No. 9: Stock de seguridad

$$SS = Z \times s \times \sqrt{L}$$

Donde:

SS = stock de seguridad

Z = factor del nivel de servicio (1,65)

s = desviación estándar de la demanda (8.955,40)

L = tiempo de reposición (1)

$$SS = 1.65 \times 8.955,40 \times \sqrt{1}$$

$$SS = 1.65 \times 8.955,40$$

$$SS = 14.776,41 \text{ unidades}$$

Cálculo de punto de reorden

El punto de reorden (PR) constituye uno de los elementos fundamentales en la gestión de inventarios, ya que determina el momento exacto en el que debe iniciarse el proceso de reposición para evitar interrupciones en la operación. Su formulación responde a la necesidad de equilibrar la disponibilidad de productos con la incertidumbre asociada a la demanda y al tiempo de reposición.

En este sentido, el punto de reorden se expresa como la suma del stock mínimo (SM) y el stock de seguridad (SS), se obtiene aplicando la Ecuación No.10.

Ecuación No. 10: Punto de reorden

$$PR = SM + SS$$

Donde:

SM=Stock mínimo (25.533,33 unidades)

SS= stock de seguridad (14.776,41 unidades)

$$PR = 25.533,33 + 14.776,41$$

$$PR = 40.309,74$$

Como la producción se maneja por lotes completos, cuando el inventario disponible se acerque a 40.310 unidades, la empresa debería programar reposición. En términos operativos, eso equivale a activar la producción antes de caer por debajo de 1,34 lotes, para no comprometer la continuidad del proceso.

Costo de preparación

El costo de preparación corresponde al valor generado cada vez que se inicia un lote de producción, se considera actividades necesarias para poner en marcha el proceso, tales como ajuste de máquina, cambio de bobina, configuración de parámetros, verificación inicial y uso de mano de obra durante el tiempo de preparación. Se debe resaltar que este

costo no depende de la cantidad producida, sino de la frecuencia con que se ejecuta el lote, se calcula aplicando la Ecuación No.11.

Ecuación No. 11: Costo de preparación por lote

$$S = C_{\text{mano de obra}} + C_{\text{tiempo muerto}} + C_{\text{ajustes}} + C_{\text{inspección}}$$

Donde:

S=costo de preparación por lote u orden

C mano de obra=costo del personal involucrado en preparar la máquina

C tiempo muerto= costo tiempo muerto durante setup

C ajustes= costo de calibración, cambio de bobina, pruebas

C inspección= costo de revisión inicial

Para el cálculo del costo de preparación se identificó tiempos improductivos como ajuste de máquina y cambio de bobina, además se aplica la Ecuación No.12 y el costo total de preparación en la Ecuación No.13, además los resultados se presentan en la Tabla No.13.

Ecuación No. 12: Costo de actividad

$$C_i = \left(\frac{t_i}{60} \right) \times Ch$$

Donde:

C_i =costo de la actividad

t_i =tiempo de la actividad en minutos

Ch=costo por hora del operario o recurso

Ecuación No. 13: Costo de actividad

$$S = \sum C_i$$

Tabla No. 13: Cálculo del costo de preparación por lote.

Actividad	Tiempo (min)	Costo por hora (USD)	Costo de la actividad (USD)
Ajuste de máquina	35	4,50	2,63
Cambio de bobina	36	4,50	2,70
Configuración de parámetros	8	4,50	0,60
Verificación inicial	6	4,50	0,45
Total costo de preparación	85		6,38

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio.

Costo de mantenimiento del inventario

El costo de mantenimiento del inventario representa el valor asociado a conservar existencias almacenadas durante un período determinado, este costo incluye no solo el uso del espacio físico, sino también el costo de oportunidad del capital inmovilizado, el riesgo de deterioro, pérdidas, obsolescencia y gastos operativos de almacenamiento, para lo cual se aplica la Ecuación No.14 y el cálculo del costo de mantenimiento de inventario se presenta en la Tabla No.14.

Ecuación No. 14: Costo de mantenimiento de inventario

$$H = C \times i$$

Donde:

H: costo de mantener una unidad por período

C: costo unitario del producto o material

i: tasa de mantenimiento del inventario

Tabla No. 14: Cálculo del costo de mantenimiento de inventario

Concepto	Valor
Costo unitario del producto/material	0,12 USD
Tasa anual de mantenimiento	20%
Costo de mantenimiento por unidad	0,024 USD

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. Para el cálculo del costo de mantenimiento del inventario se consideró una tasa anual del 20% sobre el valor unitario del producto. Este porcentaje se seleccionó en función de las características del producto analizado, el cual corresponde a fundas termo encogibles, materiales que no presentan alta obsolescencia ni deterioro significativo durante su almacenamiento.

El costo de mantenimiento del inventario obtenido, equivalente a 0,002 USD por unidad al mes, representa el valor que incurre la empresa por mantener una unidad almacenada durante dicho período. Si bien el costo unitario de mantenimiento es bajo, la acumulación de inventario en grandes cantidades puede generar costos relevantes, lo que justifica la necesidad de optimizar los niveles de inventario mediante herramientas como el EOQ y el punto de reorden.

EOQ

La cantidad económica de pedido / lote económico, permite encontrar la cantidad óptima que minimiza la suma del costo de ordenar y el costo de mantener inventario, se calcula aplicando la Ecuación No.15.

Ecuación No. 15: EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde:

D: demanda anual (25.533 unidades)

S: costo de preparación o costo por pedido (6,38 USD)

H: costo de mantener una unidad por año (0,024 USD)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(25.533)(12)(6,38)}{0.024}}$$

$$EOQ = 12.764 \text{ unidades}$$

Se obtuvo un tamaño económico de lote de 12.764 unidades, este resultado indica que la empresa no necesariamente debería producir siempre lotes de 30.000 unidades, sino evaluar lotes más cercanos al valor económico calculado, siempre que las condiciones operativas y comerciales lo permitan. Con esta cantidad de unidades se establece el número de lotes o pedidos por año mediante la aplicación de la Ecuación No.16 y en la Ecuación No.17 se presenta la ecuación para el cálculo del tiempo entre pedidos o lotes.

Ecuación No. 16: Número de lotes

$$N = \frac{D}{EOQ}$$

Ecuación No. 17: Tiempo entre lotes

$$T = \frac{360}{N}$$

En la Tabla No. 15 se resumen los valores de la cantidad económica de pedido (EOQ), el costo de preparación por lote, el costo de mantenimiento unitario anual, el número de lotes por año y el tiempo entre lotes.

Tabla No. 15: Cálculo del EOQ

Parámetro	Valor
Demanda anual	306.396 unidades
Costo de preparación por lote	6,38 USD
Costo de mantenimiento unitario anual	0,024 USD
EOQ	12.764 unidades
Número de lotes por año	24
Tiempo entre lotes	15 días

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio. Si bien el costo unitario de mantenimiento es bajo, la acumulación de inventario en grandes cantidades puede generar costos relevantes, lo que justifica la necesidad de optimizar los niveles de inventario mediante herramientas como el EOQ y el punto de reorden.

Problema cambio de bobina

El cambio de bobina representa una de las principales causas de interrupción en el proceso, debido a la limitada disponibilidad de equipos de transporte y a la ubicación actual de las bobinas.

El análisis evidenció que gran parte de este tiempo no corresponde a actividades de valor agregado, sino a desplazamientos y esperas asociados a la disponibilidad limitada de equipos de transporte y a la ubicación actual de las bobinas en el área de almacenamiento. En particular, se observaron demoras generadas por la espera de carretillas y recorridos innecesarios desde zonas alejadas del área de sellado.

Para reducir esta problemática, se plantea la adquisición de dos carretillas adicionales como se muestra en la Figura No.9 y la reubicación estratégica de las bobinas más cerca

del área de sellado. Estas acciones permitirán reducir los tiempos de desplazamiento, minimizar los paros asociados y optimizar la continuidad del proceso productivo.



Figura No. 9: Carretillas hidráulicas.

Elaborado por: El autor ha tomado de (Toyota Material Handling, 2023).

El proceso de cambio de bobina en el área de sellado presenta una duración promedio de 12 minutos, lo cual es un tiempo significativo de máquina detenida y, por tanto, una disminución en la disponibilidad operativa.

Se estima que estas acciones permitirán disminuir los tiempos de cambio de bobina, reduciendo los desplazamientos y eliminando esperas innecesarias, lo que contribuirá a mejorar la continuidad del proceso productivo y a incrementar la proporción de actividades de valor agregado.

Actividades Internas y Externas

Como se mencionó anteriormente la selección de la herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die) se fundamenta en la naturaleza del problema identificado en el proceso de sellado, específicamente en los elevados tiempos asociados al cambio de bobina, los cuales generan interrupciones frecuentes en la operación.

El estudio de tiempos realizado evidenció que una proporción significativa del tiempo improductivo corresponde a actividades de preparación, ajuste y desplazamiento que se

ejecutan mientras el equipo se encuentra detenido, afectando directamente la continuidad del proceso productivo.

La metodología SMED resulta pertinente, ya que su objetivo principal es la reducción de tiempos de preparación mediante la identificación y conversión de actividades internas (realizadas con la máquina detenida) en actividades externas (realizadas con la máquina en operación), así como la simplificación y optimización de los procedimientos de cambio.

A diferencia de otras herramientas de mejora, como el balanceo de líneas o la redistribución de planta, que se enfocan en la asignación de cargas de trabajo o en la disposición física de los recursos, SMED se orienta específicamente a la reducción de tiempos de cambio y a la eliminación de actividades improductivas durante los procesos de preparación, por lo tanto, el paso inicial consiste en diferenciar las actividades: internas de las externas.

- Internas: Aquellas que requieren que la máquina esté detenida las cuales se observan en sellado retirar la bobina usada, colocar la nueva bobina, alinear el material.
- Externas: Aquellas que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento preparar la bobina nueva, verificar etiquetas, trasladar la bobina al área de montaje. Estas actividades las puede realizar el ayudante de sellado antes de terminar la referencia en curso y lograr reducir y los tiempos y tener listo para el cambio de bobina en esta etapa el objetivo es reducir al mínimo las actividades internas, de modo que la máquina permanezca en producción el mayor tiempo posible.

Una vez identificadas las actividades, se procede a convertir aquellas internas en externas siempre que sea viable para el proceso de sellado como son:

- Preparar las bobinas de reemplazo en pallets cerca de la maquina antes de que la máquina se detenga.
- Disponer de los coches porta bobina por máquina y herramientas les listos para el cambio.
- Verificar con anticipación la dirección de enrollado y el etiquetado, reduciendo los tiempos de corrección durante la instalación.

En el proceso actual, se evidenció que la mayoría de las actividades eran ejecutadas como internas, incluyendo tareas que podían prepararse previamente, tales como la búsqueda de materiales y herramientas. Esta situación generaba tiempos improductivos elevados y afectaba la disponibilidad operativa de la maquinaria.

A partir de la propuesta de mejora, se realizó una reclasificación adecuada de las actividades, logrando convertir varias actividades internas en externas. Entre estas se destacan la preparación anticipada de la bobina, la verificación del sentido de enrollado y etiquetado, así como la disponibilidad de herramientas y equipos en el punto de uso. Estas acciones permiten que dichas actividades se ejecuten mientras la máquina se encuentra en operación, reduciendo el tiempo de parada.

Por otra parte, las actividades que necesariamente deben ejecutarse con la máquina detenida, como la detención del equipo, el retiro de la bobina usada y la colocación de la nueva bobina, fueron optimizadas mediante la implementación de mejoras técnicas, tales como el uso de coches hidráulicos, sistemas de sujeción rápida y guías visuales para el ajuste.

Como resultado de esta reorganización, se logró reducir significativamente el tiempo de cambio de bobina, al disminuir las actividades internas y optimizar aquellas que no pueden ser externalizadas, cumpliendo así con los principios fundamentales de la metodología SMED, como se presenta en la Tabla No.16.

Tabla No. 16: Actividades internas y externas

Etapas	Proceso actual	Clasificación	Propuesta SMED	Clasificación
1	Detener la máquina	Interna	Preparar bobina en pallet	Externa
2	Buscar y traer la bobina	Interna	Verificar sentido y etiquetado	Externa
3	Retirar bobina usada	Interna	Ubicar bobina en punto de uso	Externa
4	Buscar herramientas	Interna	Preparar kit de herramientas	Externa
5	Colocar nueva bobina	Interna	Detener la máquina	Interna
6	Ajustar manualmente	Interna	Retirar bobina usada	Interna
7	Pruebas de alineación	Interna	Colocar bobina con sujeción rápida	Interna optimizada
8	Arranque de máquina	Interna	Ajustar con guías visuales	Interna optimizada

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio

La aplicación de la metodología SMED permitió convertir actividades previamente internas en externas, reduciendo el tiempo improductivo asociado al cambio de bobina y mejorando la eficiencia operativa del proceso.

Ajuste de maquinaria

El ajuste de maquinaria es un proceso que genera tiempos improductivos significativos dentro del área de sellado. Para mejorar la eficiencia en esta actividad, se implementará la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), orientada a reducir los tiempos de cambio y preparación de los equipos. Esta estrategia permitirá optimizar los ciclos de producción, disminuir los tiempos muertos y asegurar una mayor disponibilidad operativa de la maquinaria como se observa en la Tabla No.17 la propuesta establecida.

Tabla No. 17: Propuesta ajuste de maquinaria

Etapa Proceso Actual		Propuesta SMED
1	Detener la máquina	(Externo) Preparar módulo de sello alternativo en un área de módulos
2	Buscar y traer el módulo nuevo	(Externo) Verificar estado, limpieza y codificación del módulo antes de cambio
3	Retirar el módulo usado	(Externo) Tener kit de herramientas estandarizadas y carro móvil listo
4	Buscar herramientas necesarias	Detener la máquina
5	Colocar el nuevo módulo	Retirar módulo usado con sistema de guías rápidas
6	Ajustar manualmente la posición y fijación	Colocar módulo nuevo con sujeción rápida y pernos de liberación
7	Hacer pruebas de temperatura y sellado	Configurar parámetros predefinidos según ficha técnica (temperatura, presión, velocidad)
8	Arrancar la máquina nuevamente	Arrancar la máquina inmediatamente, validando con un empaque de prueba estándar

Elaborado por: El autor adaptado de la base de datos 2025 de la empresa caso de estudio

El análisis del proceso de ajuste de maquinaria en el área de sellado evidenció la existencia de tiempos improductivos significativos asociados principalmente a actividades realizadas con la máquina detenida, como la búsqueda de herramientas, traslado de módulos y ajustes manuales. La aplicación de la metodología SMED permitió replantear este proceso mediante la identificación y conversión de actividades internas en externas, así como la estandarización de procedimientos y la incorporación de mejoras técnicas.

Área de estudio

Se presenta en la Tabla No.18 presenta el área de estudio en la que se fundamenta el presente proyecto de investigación, la cual corresponde al área de sellado de la organización.

Tabla No. 18: Área de estudio

Categoría	Descripción
Dominio	Tecnología y sociedad
Línea de investigación	Sistemas industriales
Sub línea de investigación	Procesos industriales
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Procesos
Aspectos	Pronóstico para la demanda intermitente
Objeto de estudio	Sistema de control de inventarios de materiales de empaque con alertas inteligentes en el área de sellado de una empresa productora de fundas termoencogibles
Periodo de análisis	julio - diciembre 2025

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio.

Modelo Operativo

Se propone el modelo operativo enfocado a la aplicación de herramientas ingenieriles para el proceso de sellado con el objetivo de lograr una mejora continua y eliminar desperdicios en sus procesos. El modelo integra actividades de recepción, registro, actualización y control del stock en tiempo real, permitiendo automatizar el seguimiento del consumo de materiales en el área de sellado. Además, incorpora un sistema de

comparación entre el stock disponible y el stock de seguridad, generando alertas automáticas para prevenir quiebres de inventario y facilitar la reposición oportuna de materiales, como se aprecia en la Figura No.10.

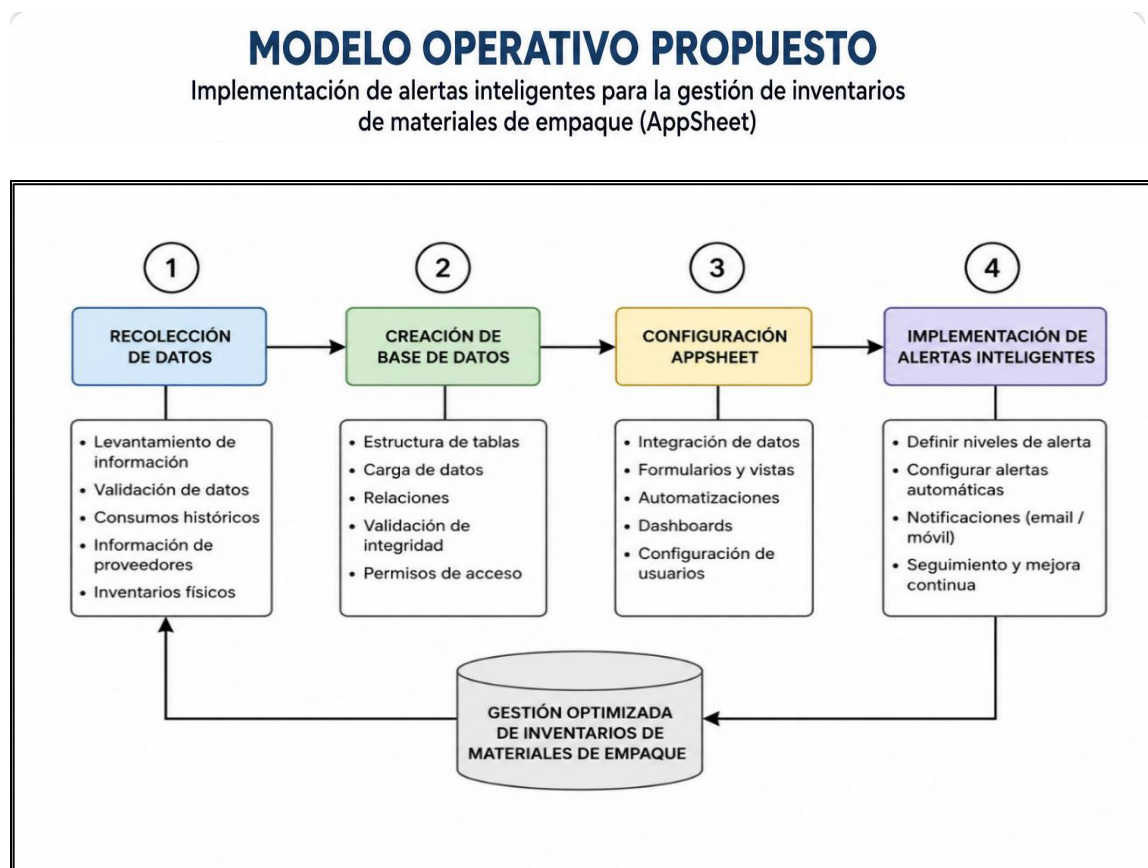


Figura No. 10: Modelo Operativo

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio.

El modelo operativo propuesto se basa en la integración de un sistema digital de control de inventarios con lógica automatizada de alertas. El proceso inicia con el registro de movimientos de entrada y salida de materiales, los cuales actualizan en tiempo real los niveles de stock en la base de datos. Posteriormente, el sistema evalúa de manera automática si el nivel de inventario se encuentra por debajo del stock mínimo definido. En caso de cumplirse esta condición, se activa un mecanismo de alerta que notifica a los responsables mediante correo electrónico, registrando adicionalmente el evento en el

historial del sistema. Este enfoque permite una gestión proactiva del inventario, reduciendo el riesgo de desabastecimiento y mejorando la toma de decisiones operativas. Se utiliza el modelo TO-BE representa el funcionamiento optimizado del sistema de control de inventarios mediante la integración de procesos manuales y automatizados. El flujo inicia con el registro de movimientos de materiales, seguido de la actualización en tiempo real del inventario en el sistema digital. Posteriormente, se evalúa una condición crítica mediante un gateway que compara el nivel de stock con el mínimo establecido. En caso de incumplimiento, el sistema genera automáticamente una alerta y notifica al responsable, registrando además el evento en un log para asegurar la trazabilidad. Finalmente, el área de compras analiza la alerta y ejecuta las acciones correspondientes para la reposición del material, garantizando la continuidad operativa del proceso productivo.

Se utiliza como base de datos la herramienta Google Sheets, la cual ofrece flexibilidad, acceso en la nube y actualización en tiempo real, mientras que AppSheet, plataforma de desarrollo no-code de Google, permitirá crear una aplicación móvil y web para la gestión interactiva de inventarios y generación de alertas su proseo de configuración será según la información detalla en el Anexo 1

Donde se describe la estructura y el funcionamiento del sistema de alertas inteligentes desarrollado en la plataforma AppSheet para la gestión de inventarios de materiales de empaque área de sellado de la empresa objeto de estudio, este sistema constituye el componente tecnológico central de la propuesta planteada, en la Tabla No.19, se presenta las fases de aplicación de la propuesta.

Tabla No. 19: Proceso de aplicación.

Fase	Descripción
Recolección información	Análisis de materiales críticos y definición de stock mínimo.
Creación de base de datos	Construcción de Google Sheets con datos de inventario.
Configuración AppSheet	Desarrollo de app para ingreso y visualización de inventarios.
Automatización de alertas	Programación de bots para envío automático de correos.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio.

El flujo operacional del modelo se detalla a continuación para una mejor comprensión de cada una de las fases:

1. Registro y actualización del inventario: Los responsables del área de empaque ingresan diariamente el estado del inventario a través de formularios diseñados en AppSheet, que alimentan en tiempo real la base de datos alojada en Google Sheets.
2. Monitoreo automático: La aplicación realiza un análisis continuo de los niveles de inventario comparándolos con los parámetros definidos de stock mínimo o de seguridad.
3. Generación de alertas inteligentes: Cuando el stock de algún material llega o está próximo al nivel crítico, la aplicación genera automáticamente una notificación enviada vía correo electrónico al responsable de compras o logística para que pueda tomar acciones inmediatas.
4. Visualización y control: La app ofrece dashboards visuales con indicadores clave del estado de inventario, históricos de alertas, y control de movimientos, facilitando la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la Propuesta

La presente investigación propone la implementación de un sistema de alertas inteligentes para la gestión de inventarios de materiales de empaque en el área de sellado, con el objetivo de prevenir quiebres de stock, reducir paros no planificados y mejorar la continuidad del proceso productivo.

El producto final tangible de la propuesta consiste en una aplicación digital desarrollada en AppSheet, integrada con Google Sheets, la cual permite la gestión eficiente del inventario. Esta herramienta se complementa con una base de datos estructurada de materiales críticos de empaque y un sistema automatizado de alertas que notifica oportunamente cuando se alcanzan los niveles mínimos de inventario.

Descripción técnica de la propuesta

El sistema de alertas inteligentes se basa en la definición técnica de stocks de seguridad para cada material crítico de empaque, considerando consumo histórico, frecuencia de uso y tiempos de reposición. La información se centraliza en Google Sheets y se gestiona mediante una aplicación AppSheet accesible desde dispositivos móviles y navegadores web. La aplicación permite registrar ingresos y egresos de inventario, visualizar niveles actuales y activar alertas automáticas cuando los inventarios alcanzan el umbral crítico definido.

- **Fase 1: Recolección y Análisis de Información**

Se realiza un mapeo completo de los materiales críticos para el proceso de empaque, para cada material, se analizan patrones de consumo históricos, frecuencia de uso, tiempos de entrega por parte de proveedores y costos asociados. Esta información permite definir un stock mínimo o de seguridad técnicamente sustentado que minimice riesgos sin incurrir en inventarios excesivos.

- **Fase 2: Construcción de la Base de Datos**

Se diseña y construye una base de datos centralizada en Google Sheets, que contiene la información detallada de cada material, sus niveles de inventario, fechas de actualización, y responsables. Además, se incorporan fórmulas y validaciones para mantener la integridad de los datos y facilitar su manejo.

- **Fase 3: Configuración de la Aplicación en AppSheet**

Con los datos centralizados, se desarrolla una aplicación en AppSheet que permite acceso multiusuario con roles definidos (operador, supervisor, responsable logístico). Esta app es accesible desde dispositivos móviles y navegadores web, facilitando la adopción por parte del personal.

- **Fase 4: Implementación de la Automatización de Alertas**

Se programan bots dentro de AppSheet que realizan chequeos periódicos (diarios) del inventario, comparando los niveles con los umbrales definidos. Cuando se detecta un nivel crítico, se dispara una alerta automática que envía un correo electrónico personalizado a los responsables, con la información necesaria para tomar acción inmediata.

- **Fase 5: Prueba Piloto, Validación y Ajustes**

Se implementa un piloto operativo durante un período de dos a cuatro semanas, durante el cual se monitorea la efectividad de las alertas, la precisión de los datos y la usabilidad de la aplicación. Siendo importante recopilar retroalimentación del equipo, se identifican posibles mejoras y se realizan ajustes para optimizar la solución antes de su despliegue definitivo.

Criterios de alerta para el control de inventarios

Los criterios de alerta se establecieron con el propósito de activar notificaciones automáticas cuando los niveles de inventario de los materiales de empaque alcanzan valores críticos que podrían afectar la continuidad del proceso productivo.

Para la definición de estos criterios se consideraron variables como el consumo promedio, la variabilidad de la demanda y el tiempo de reposición de cada ítem. En función de estos parámetros, se definieron los siguientes niveles de control:

- Nivel de alerta preventiva: Se activa cuando el inventario alcanza el nivel de stock de seguridad, indicando la necesidad de iniciar el proceso de reposición.
- Nivel crítico: Se activa cuando el inventario se aproxima al nivel mínimo operativo, lo que representa un alto riesgo de quiebre de stock.
- Nivel de emergencia: Se activa cuando el inventario es insuficiente para cubrir la demanda inmediata, requiriendo una reposición urgente.

En el sistema implementado en AppSheet, estos criterios fueron configurados mediante reglas automatizadas que comparan el stock disponible con los niveles mínimos definidos, generando alertas automáticas enviadas al personal responsable, los mismos que se resumen en la Tabla No.20.

Tabla No. 20: Criterios de alerta del sistema de inventarios.

Nivel de alerta	Condición	Acción requerida
Preventiva	$\text{Stock} \leq \text{Stock de seguridad}$	Programar reposición
Crítica	$\text{Stock} \leq \text{Nivel mínimo}$	Generar orden de compra inmediata
Emergencia	$\text{Stock} = 0$ o insuficiente	Compra urgente / paro evitado

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Resultados Esperados

La implementación del sistema propuesto permitirá generar mejoras significativas en la gestión de inventarios, orientadas a optimizar el control, la planificación y la toma de decisiones, se presentan a continuación los principales resultados esperados.

- Reducción de quiebres de stock en materiales de empaque críticos.
- Disminución de paros no planificados por falta de insumos.
- Mejora del control y trazabilidad del inventario.
- Incremento de la disponibilidad operativa del área de sellado.
- Mejora en la continuidad y estabilidad del proceso productivo.

Cronograma de actividades

Se presenta el cronograma de actividades planificado para el año 2026, en el cual se detallan las fases, tiempos y responsables necesarios para la adecuada ejecución de la propuesta, como se indica en la Tabla No.21.

Tabla No. 21: Cronograma de actividades.

Actividad	Temporalidad	Recursos	Indicador / Descriptor
Análisis de materiales críticos	sept – oct 2025	Ingeniero de procesos	Matriz de materiales críticos validada
Diseño de la base de datos	nov-25	Analista de datos	Base de datos estructurada y operativa
Desarrollo de la aplicación (AppSheet)	dic-25	Desarrollador	Aplicación funcional implementada
Automatización de alertas	dic-25	Desarrollador	Sistema de alertas automáticas operativas
Prueba piloto y ajustes	ene-26	Equipo operativo	Informe de validación y ajustes del sistema

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo en un periodo de 18 semanas, iniciando con la presentación de la propuesta al jefe del área durante la primera semana, donde se expondrán los objetivos, beneficios esperados y recursos necesarios para su ejecución.

A continuación, se procederá con la implementación de la metodología SMED, la cual se desarrollará entre las semanas 2 y 6, enfocándose en la reducción de tiempos de cambio y la mejora de la eficiencia operativa. Posteriormente, entre las semanas 7 y 9, se elaborará una ficha técnica detallada que servirá como documento guía del proceso, especificando parámetros, materiales y procedimientos.

En las semanas 10 a la 15 se llevará a cabo la implementación de la aplicación diseñada para optimizar y automatizar ciertas tareas dentro del proceso, para que en las semanas 16 a 18, se realizarán la capacitación al personal involucrado, asegurando que comprendan el uso adecuado de la aplicación, así como los cambios introducidos mediante la metodología SMED y la ficha técnica desarrollada.

De lo cual, se concluye que el cronograma de actividades correspondiente al proyecto presenta un avance general favorable, con algunas tareas completadas y otras en proceso de ejecución. En primer lugar, la presentación de la propuesta al jefe de área, planificada

para las semanas 1 y 2, se ejecutó en su totalidad, cumpliendo con los tiempos establecidos y garantizando la comunicación inicial del proyecto.

La implementación de la metodología SMED, programada entre las semanas 3 y 10, también se ha completado exitosamente, desarrollándose a lo largo de aproximadamente 8 semanas, lo que permitió optimizar los tiempos de cambio de máquina y mejorar la eficiencia del proceso. De manera complementaria, la elaboración de la ficha técnica, correspondiente a las semanas 11 a 15, se encuentra finalizada, representando una actividad de mediana duración dentro del cronograma general, se presenta en el Figura No.11.

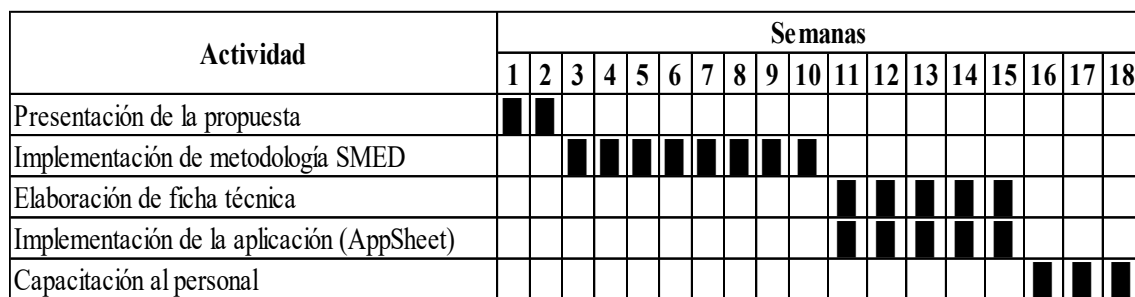


Figura No. 11: Cronograma de actividades

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Análisis de costos

El análisis de costos constituye un elemento fundamental dentro del proyecto, ya que permite cuantificar los recursos necesarios para su implementación y evaluar su viabilidad económica, se estima que el proyecto puede costar en un total de \$5.100, siendo los siguientes factores los que se detalla en la Tabla No.22.

Tabla No. 22: Análisis de costos.

Actividad	Concepto	Costo (USD)
Análisis y diseño	Mano de obra	\$2,100.00
Desarrollo aplicación	Software	\$400.00
Documentación técnica	Materiales	\$700.00
Equipos de apoyo	Equipamiento	\$1,200.00
Capacitación	Formación	\$700.00
Total		\$5,100.00

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Periodo de recuperación

Para la evaluación económica del proyecto, se considera una inversión inicial de \$5.100, correspondiente a los recursos necesarios para el desarrollo e implementación del sistema propuesto, para lo cual se aplica la Ecuación No.18.

Ecuación No. 18: Periodo de recuperación.

$$Payback = \frac{Inversión\ Inicial}{Flujo\ de\ Caja\ Neto\ por\ período}$$

Donde:

Inversión inicial: monto total invertido en el proyecto.

Flujo de caja neto: beneficio o ahorro generado en cada periodo (mensual o anual).

La estimación del ahorro mensual se fundamenta en la reducción de compras emergentes, optimización del tiempo operativo, disminución de errores en inventario y mitigación de pérdidas por desabastecimiento, como resultado de la implementación del sistema digital y la metodología SMED, como se detalla en la Tabla No.23.

Tabla No. 23: Estimación del ahorro mensual generado por la implementación del sistema.

Concepto	Situación actual (USD/mes)	Situación mejorada (USD/mes)	Ahorro estimado (USD/mes)
Compras emergentes (sobrecostos)	\$900.00	\$300.00	\$600.00
Pérdidas por desabastecimiento	\$500.00	\$150.00	\$350.00
Tiempo improductivo (mano de obra)	\$600.00	\$200.00	\$400.00
Errores en control de inventario	\$200.00	\$50.00	\$150.00
Total ahorro mensual estimado	\$2,200.00	\$700.00	\$1,500.00

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

$$Payback = \frac{5100}{1.500}$$

$$Payback = 3.4\ meses$$

El periodo de recuperación de la inversión (Payback) se estima en 3,4 meses, lo que indica que el proyecto recupera la inversión inicial en un corto plazo, con este resultado

evidencia una alta capacidad de generación de beneficios, reduciendo el riesgo financiero y haciendo viable su implementación.

Curva S

La curva S del proyecto permite visualizar la distribución acumulada de los costos en función de la importancia de cada actividad, se representa en el eje horizontal el porcentaje acumulado del costo total, mientras que el eje vertical muestra el valor acumulado de los costos en dólares (USD). Cada punto de la curva corresponde a una actividad específica y refleja su contribución al costo total del proyecto.

La forma característica en “S” evidencia cómo los costos se concentran progresivamente: inicialmente, el incremento es gradual debido a actividades de menor impacto económico; posteriormente, se observa un crecimiento más pronunciado asociado a actividades de mayor inversión; y finalmente, la curva tiende a estabilizarse conforme se completan las actividades restantes.

Este análisis permite identificar de manera clara las actividades que generan mayor incidencia en el costo total, tales como la implementación de la metodología SMED, principalmente por el uso intensivo de mano de obra, y la adquisición de equipos como los coches hidráulicos, se presenta en el Figura No.12.

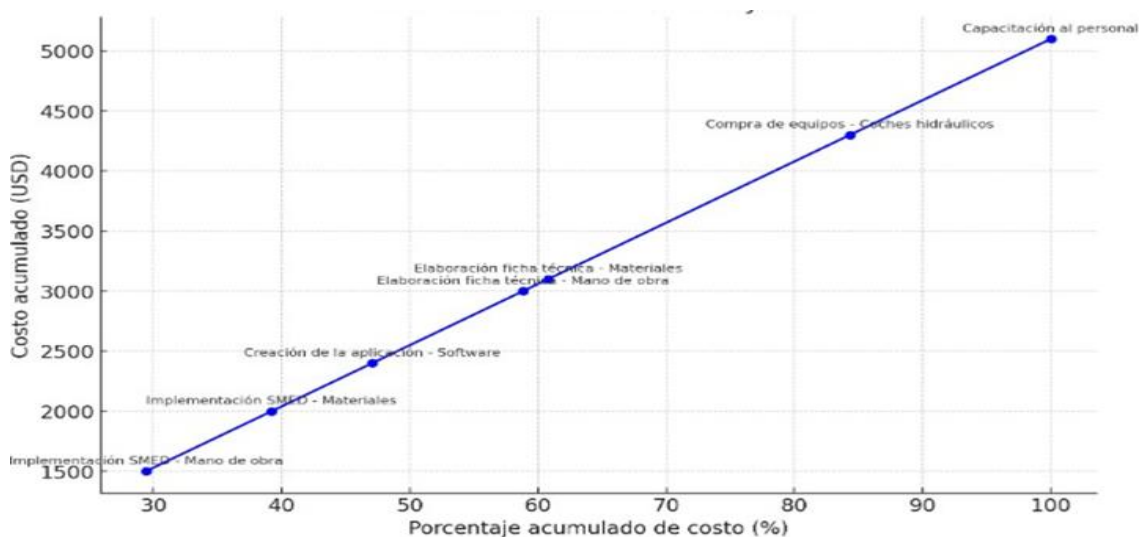


Figura No. 12: Curva S de Costos del Proyecto

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

La propuesta planteada constituye una solución tecnológica viable y sostenible para optimizar la gestión de inventarios de materiales de empaque, su implementación permitirá fortalecer la toma de decisiones preventivas, reducir riesgos operativos y mejorar la continuidad del proceso productivo, aportando valor técnico y operativo a la organización.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

En el presente capítulo se desarrolla la propuesta de mejora orientada a optimizar la gestión de inventarios de materiales de empaque, a partir del diagnóstico realizado en la empresa caso de estudio.

Justificación de la ejecución

La herramienta implementada corresponde a un sistema digital de control de inventarios con alertas inteligentes, desarrollado en la plataforma AppSheet, cuya finalidad es monitorear en tiempo real los niveles de inventario de materiales de empaque utilizados en el área de sellado y generar notificaciones automáticas cuando estos alcanzan niveles críticos.

El sistema se integra a una base de datos estructurada en Google Sheets, compuesta por dos tablas principales, Ítems, que contiene la información de cada referencia de empaque (código, descripción, unidad, stock mínimo y stock de seguridad), y registro de movimientos, donde se documentan las entradas y salidas de material asociadas a cada orden de producción, esta estructura permite mantener actualizado el inventario de manera automática a partir del consumo real registrado por los operarios.

La ejecución de la propuesta se fundamenta en la problemática identificada durante el diagnóstico inicial, en el cual se evidenciaron altos tiempos improductivos en el área de sellado y frecuentes quiebres de stock de materiales de empaque, afectando la continuidad del proceso productivo y el cumplimiento de los planes de producción.

Desde el punto de vista técnico, se justificó la aplicación de la metodología SMED en los procesos de cambio de bobina y ajuste de máquina, debido a que estos presentaban tiempos elevados de máquina detenida (12 minutos y 35 minutos respectivamente), generando pérdidas significativas de disponibilidad operativa. La adquisición de coches hidráulicos y la reorganización física del área se ejecutaron como soluciones orientadas a eliminar desplazamientos innecesarios, mejorar la ergonomía del trabajo y convertir actividades internas en externas.

La implementación del sistema de alertas inteligentes en AppSheet responde a la ausencia de un control automatizado del inventario de empaques, situación que ocasionaba desabastecimientos imprevistos, compras urgentes y paros no planificados, que conllevan

a un proceso poco eficiente. Estas acciones se alinean directamente con los objetivos del proyecto, orientados a optimizar la gestión de inventarios, prevenir quiebres de stock y mejorar la toma de decisiones basada en información en tiempo real.

Proceso de ejecución

La ejecución del proyecto se desarrolló de manera progresiva y controlada, siguiendo un esquema por fases previamente definido, para lo cual el seguimiento fue realizado por el responsable del área de sellado y el investigador, mediante observación directa, registros de tiempos, revisión de inventarios y validación de datos generados por la aplicación, se indica que las principales fases ejecutadas son:

- Implementación de SMED en el cambio de bobina, incluyendo la adquisición de coches hidráulicos y la reubicación estratégica de bobinas.
- Aplicación de SMED en el ajuste de máquina, mediante la dotación de herramientas, reorganización de módulos y estandarización de parámetros técnicos. Diseño e implementación de la ficha técnica de proceso.
- Desarrollo e implementación del sistema de alertas inteligentes, con pruebas piloto y validación en condiciones reales de operación.

Además, el avance de la ejecución fue monitoreado mediante la propuesta de los siguientes indicadores:

- Tiempo de cambio de bobina
- Tiempo de ajuste de máquina
- Número de alertas generadas
- Coincidencia entre inventario físico y digital
- Número de quiebres de stock

Integración del sistema digital de control de inventarios con alertas inteligentes

El sistema digital de control de inventarios desarrollado en la plataforma AppSheet integra de manera estructurada los elementos definidos en la propuesta, permitiendo una gestión automatizada, precisa y en tiempo real de los materiales de empaque utilizados en el área de sellado.

En primer lugar, el diagnóstico del proceso actual permitió identificar las principales deficiencias en el control manual del inventario, las cuales fueron abordadas mediante la

digitalización de los registros de entrada y salida de materiales, con esta información constituye la base de datos del sistema, garantizando la trazabilidad de cada ítem.

Sobre esta base, se incorporaron los niveles de stock de seguridad definidos a partir del análisis del consumo histórico, los cuales permiten establecer límites mínimos para cada referencia de empaque, estos parámetros se encuentran configurados dentro del sistema como valores de control para la toma de decisiones.

Adicionalmente, los criterios de alerta fueron integrados mediante reglas automatizadas que comparan el stock disponible con los niveles mínimos definidos, cuando el inventario alcanza un nivel crítico, el sistema genera automáticamente una notificación dirigida al personal responsable, facilitando la anticipación de la reposición de materiales.

La interacción de estos componentes permite que el sistema funcione de manera integrada, donde el registro de consumos actualiza en tiempo real el inventario disponible, activa los criterios de alerta y genera notificaciones automáticas, asegurando así la continuidad del proceso productivo y reduciendo la probabilidad de quiebres de stock.

En este sentido, la solución propuesta no solo automatiza el control de inventarios, sino que también articula la información operativa, los parámetros de control y las acciones de respuesta dentro de una única plataforma digital, constituyéndose en una herramienta eficiente para la gestión logística en el área de sellado.

Con el fin de representar de manera integral el funcionamiento del sistema digital de control de inventarios con alertas inteligentes, se elaboró el siguiente diagrama de flujo, en el cual se muestra la secuencia operativa desde el registro del consumo de materiales hasta la generación de alertas y la reposición del inventario, como se presenta en la Figura No.13.

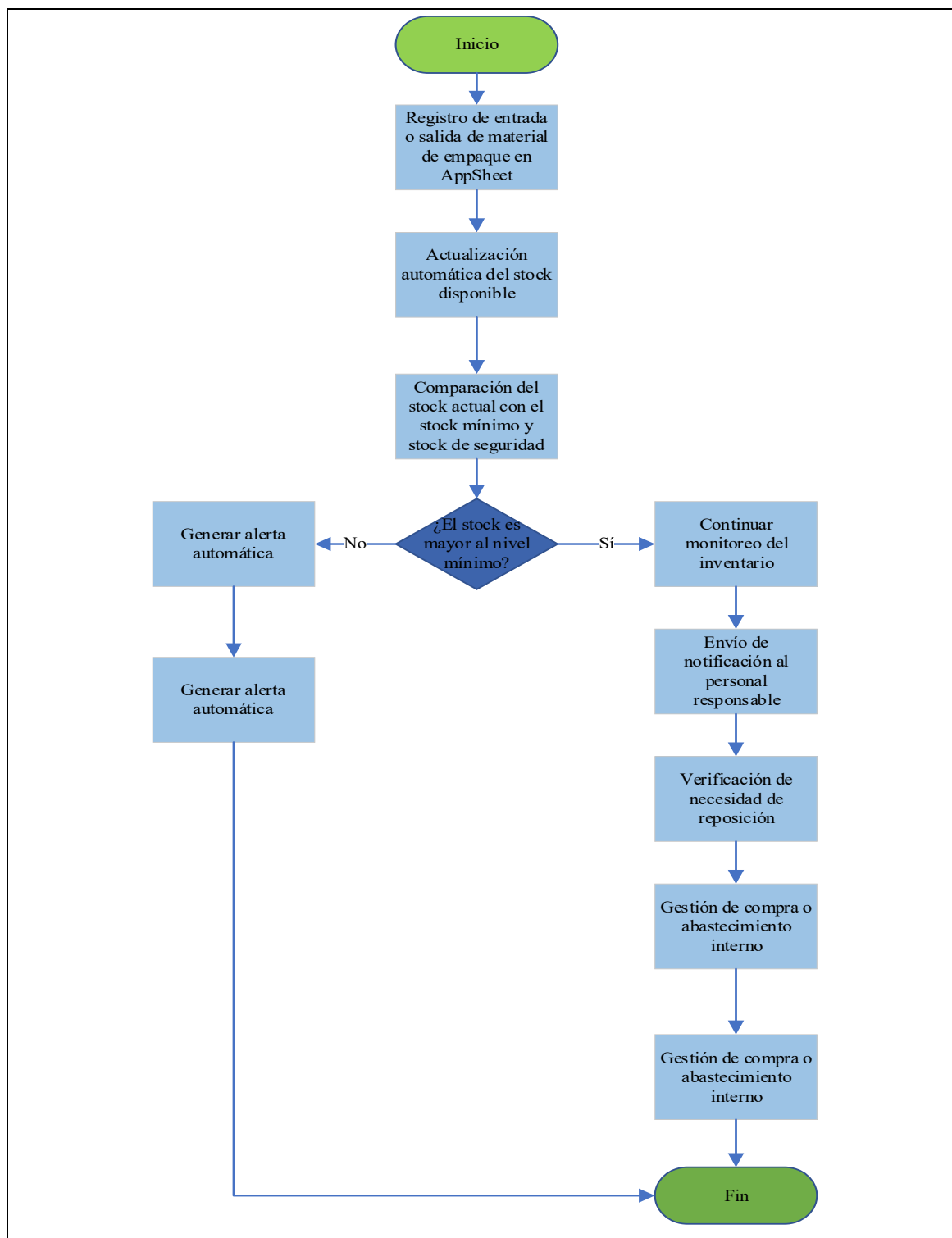


Figura No. 13: Diagrama de funcionamiento del sistema digital de control de inventarios con alertas inteligente.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Adquisición de equipos y herramientas

Como parte de esta iniciativa, se ejecutaron acciones específicas orientadas a la reducción del tiempo de montaje de la bobina, se realizó la compra de dos coches hidráulicos para el área de sellado para optimizar el tiempo de montaje. La incorporación de estos equipos permitió mejorar significativamente la manipulación de las bobinas, reduciendo el esfuerzo físico requerido por los operarios y facilitando su traslado de manera ágil y segura desde el área de almacenamiento hasta las máquinas selladoras.

Asimismo, esta mejora contribuye a disminuir retrasos en el proceso, reducir el riesgo de accidentes laborales y optimizar los tiempos de transporte, garantizando un flujo más ordenado en la línea de producción, en la Figura No.14 se presenta los coches hidráulico.



Figura No. 14: Incorporación de coche hidráulico.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Con la incorporación del coche hidráulico cargado con la bobina ha permitido reducir de manera significativa el tiempo requerido para el cambio. Es así que, antes de la implementación, esta actividad demandaba aproximadamente 12 minutos, debido a que el operador debía desplazarse en busca de un coche y trasladarse posteriormente hacia el área de almacenamiento para recoger el material.

Con la nueva disposición, el material se encuentra disponible de forma inmediata en el punto de uso, lo que elimina desplazamientos innecesarios y optimiza el procedimiento, teniendo como resultado, el tiempo de cambio se redujo a 5 minutos, evidenciando una mejora sustancial en la eficiencia del proceso, esto se muestra en la Tabla No.24 de comparación del antes y el después.

Tabla No. 24: Comparación del antes y después del SMED

Aspecto	Situación antes de adquisición de equipos y herramientas	Situación después de adquisición de equipos y herramientas
Tiempo de cambio de bobina	12 minutos	5 minutos
Disponibilidad del material	El operador debía buscar un coche y trasladarse al área de almacenamiento para recoger la bobina.	La bobina se encuentra previamente ubicada en el coche hidráulico junto a la selladora.
Esfuerzo del operador	Alto, debido al tiempo y desplazamiento necesario para la búsqueda del material.	Reducido, ya que el material está disponible en el punto de uso.
Eficiencia del proceso	Baja, con pérdida de tiempo por actividades improductivas.	Alta, con optimización del flujo y eliminación de desplazamientos innecesarios.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Se evidencia una reducción del 58,3% en el tiempo de cambio de bobina (de 12 a 5 minutos), lo cual representa una mejora significativa en términos de eficiencia operativa. La disponibilidad inmediata del material en el punto de trabajo transforma una actividad interna en externa, alineándose con los principios de SMED y generando beneficios en productividad, ergonomía y continuidad del flujo productivo. Reorganización del procedimiento de cambio de bobina La introducción de los coches hidráulicos y los pallets cercanos permitió rediseñar la secuencia de actividades, logrando que los operarios puedan retirar la bobina usada y colocar la nueva de manera inmediata. Esta simplificación de pasos elimina tiempos muertos y garantiza una transición más eficiente entre ciclos productivos.

Una de las principales dificultades detectadas antes de la implementación de SMED era la necesidad de recorrer distancias considerables para traer las bobinas hasta las máquinas. Para contrarrestar este inconveniente, se dispusieron pallets estratégicamente cerca de cada selladora, de manera que las bobinas nuevas se encuentren listas y accesibles al momento del cambio, esta medida transforma una parte de la actividad interna (buscar y trasladar la bobina) en una actividad externa, lo que contribuye directamente a la reducción del tiempo de montaje, como se presenta en la Figura No.15.



Figura No. 15: Incorporación de pallets.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Con la introducción de los coches hidráulicos y los pallets cercanos permitió rediseñar la secuencia de actividades, logrando que los operarios puedan retirar la bobina usada y colocar la nueva de manera inmediata.

La reubicación simplifica pasos que elimina tiempos muertos y garantiza una transición más eficiente entre ciclos productivos. De acuerdo con los principios de SMED, estas mejoras se enmarcan dentro de la conversión de actividades internas en externas, al anticipar la preparación de los insumos y disponerlos en el lugar de trabajo antes de que la máquina se detenga.

La implementación de estas medidas se traduce en una reducción significativa del tiempo de parada de máquina, lo que a su vez repercute en un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada y en un incremento de la productividad del área de sellado.

Además, con la incorporación de los coches hidráulicos y la colocación estratégica de pallets cercanos a las selladoras representan mejoras tangibles dentro del proyecto de implementación de SMED. Estas acciones no solo reducen los tiempos de montaje de bobina, sino que también refuerzan la ergonomía del trabajo, la seguridad de los operarios y la sostenibilidad de los procesos en la planta de producción.

SMED en el ajuste de máquina

La actividad de ajuste de máquina representa uno de los procesos más críticos dentro del área de sellado, ya que implica la configuración de parámetros, el montaje de componentes y la adecuación de las condiciones técnicas necesarias para asegurar la calidad del producto final.

Antes de la implementación de mejoras, este procedimiento tomaba aproximadamente 35 minutos, lo que generaba tiempos improductivos considerables y afectaba la continuidad del flujo de producción, es así que con la aplicación de la metodología SMED, se llevaron a cabo diversas acciones orientadas a disminuir el tiempo de ajuste y a estandarizar el proceso.

Entre las principales medidas implementadas se destaca la dotación de herramientas específicas para los operarios. A cada operador se le entregó un kit con los implementos necesarios para realizar el ajuste de la máquina, como se muestra en la Figura No.16, lo cual permitió evitar retrasos ocasionados por la búsqueda o el préstamo de herramientas.



Figura No. 16: Incorporación de Herramientas

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Se reorganizó el área de trabajo, ubicando los módulos y componentes en puntos estratégicos y de fácil acceso. De esta manera, los operarios disponen de los elementos necesarios dentro de su entorno inmediato, lo que elimina desplazamientos innecesarios. Como resultado, se reducen los tiempos de traslado y búsqueda, tal como se muestra en la Figura 17.



Figura No. 17: Módulos

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Otra acción que se tomó fue la implementación de una estantería para el empaque, con el fin de optimizar la manipulación de materiales, se instaló una estantería en la zona de trabajo destinada al almacenamiento del empaque. Esto facilita el acceso rápido y ordenado al material, reduciendo el tiempo invertido en su búsqueda, como se muestra en las Figuras No.18 y No.19.



Figura No. 18: Estantería de empaque

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.



Figura No. 19: Estantería de empaque

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

La implementación de la ficha técnica de proceso con parámetros por referencia representa un avance fundamental en la estandarización de las operaciones. Al proporcionar un punto de partida confiable y valores de referencia previamente validados, se logra reducir la dependencia de la experiencia individual del operario y se eliminan los ajustes reiterativos que prolongaban innecesariamente los tiempos de preparación.

Esta herramienta no solo agiliza la configuración de la máquina, sino que también garantiza uniformidad en la calidad del producto, disminuye la variabilidad en los resultados y fortalece la trazabilidad de las operaciones. En consecuencia, la ficha técnica se convierte en un recurso estratégico que contribuye a la optimización de los tiempos de ajuste y a la mejora sostenida de la productividad en el área de sellado en las Figuras No.20 y No.21 se propone el diseño de la ficha técnica de proceso.

FICHA TECNICA DE PROCESO - SELLADORAS

MAQUINA

CODIGO:

VERSION: 01

VIGENCIA: 10 DE SEPTIEMBRE 2025

CODIGO PT:	
REFERENCIA:	

PANTALLA PRINCIPAL

PASO

315 mm

VELOCIDAD

21 %

TEMPERATURA

	<u>CONJUNTO</u>
<u>SUPERIOR</u>	291
<u>INFERIOR</u>	50

VELOCIDAD

63 ciclo/min

BANDA TRANSPORTADORA

AVANCE MANUAL

ON / OFF

ON

VELOCIDAD A PASOS

70 %

VELOCIDAD

0 Hz

CARBETE CINTAS

CONTADOR VELOCIDAD

8

CAMBIO PAQUETE

VELOCIDAD

78 %

TIEMPO A PASOS

0,8 s

MODO DE PARO

OFF

APILADOR

ARRANG.

1 / 2 BOLSAS

2 BOLSAS

(mm)

400

ALARMA BOLSAS

ON / OFF

ON

NUMERO BOLSAS

2

APILADOR

ALIMENTACION EXTRA

40 mm

BARRAS DE ABRAZADERA

ABRAZADERA

ON

AIRE

ON

TIEMPO DE TRABAJO (s)

ABRAZADERA

0,09

AIRE

0,1

INICIO DEMORA (s)

ABRAZADERA

0

AIRE

0,2

TIEMPO DE TRABAJO (s)

ABRAZADERA

0,09

AIRE

0,1

INICIO DEMORA (s)

ABRAZADERA

0

AIRE

0,2

PRESION PISADOR-APILADO

2 bar

SELLADO

TIEMPO SOPLADO

INICIO DE RETRASO (s)

0,01

TIEMPO ACC. (s)

0,23

TIEMPO SELLADO

ON / OFF

ON

TIEMPO SELLADO (s)

0,32

TIEMPO ESPERA (s)

0,05

TIEMPO DE CORTE

INICIO DE RETRASO (s)

0,1

TIEMPO CORTE (s)

0,35

REIAX

ON / OFF

ON

SET

1,4 mm

FILMBLOCK ALARM

ON / OFF

ON

CICLOS DE TRABAJO DE LA MAQUINA

2

SELLO

ON

NAVAJA

ON

TIEMPO DE TRABAJO DE LA MAQUINA

TODOS LOS CICLOS

1

ON

2

ON

3

ON

4

ON

5

ON

6

ON

FILMBLOCK ALARM

ON / OFF

ON

PRESION DE RODAMIENTOS (MAN - C381)

4 bar

PRESION DE AIRE

6 bar

PRESION DE SELLO

4 bar

Figura No. 20: Ficha técnica

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

BALANCIN			
<u>AUTO</u>		<u>UNWINDING</u>	
ON / OFF ☒ ON	ALARM ON / OFF ☒ ON	MIN. ANALOGO 350	CAMBIO ANALOGO 443
<u>MANUELL</u>		MAX. ANALOGO 567	
ON / OFF ☐ OFF	VELOCIDAD (%) 10	PRESION DE BALANCIN (MAN-C382) 2 bar	
BOBINADOR			
<u>SISTEMA DE MARGEN</u>		<u>TIEMPO DE ESPERA (s)</u>	
SUPERIOR ☒ ON	MODO CONTINUO	0,09	
FONDO ☒ ON			
<u>DOSIFICACION POLVO ANTIBLOQUEANTE</u>		<u>ESTATICA</u>	
POLVO 41 %	VOLUMEN	VOLTAJE SETPOINT 23,4	CURRENT SETPOINT 1,35
OBSERVACIONES:			

Figura No. 21: Ficha técnica

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Como resultado de las medidas implementadas, el tiempo requerido para el ajuste de máquina se redujo de 35 a 24 minutos, lo que representa una mejora del 31,4%. Este resultado evidencia no solo la optimización del proceso, sino también un avance significativo en la estandarización de las actividades, la disminución de la variabilidad entre operarios y una mayor disponibilidad de la línea de producción.

Esta mejora se alcanzó gracias a la disponibilidad inmediata de herramientas y módulos, la adecuada organización del material de empaque y la estandarización de los parámetros técnicos. En conjunto, estas acciones responden a los principios de la metodología SMED, al eliminar tiempos improductivos y convertir actividades internas en externas, lo que se traduce en un incremento de la productividad y la confiabilidad en el área de sellado, como se muestra en la Tabla No.25.

Tabla No. 25: Comparación del antes y después del SMED

Aspecto	Situación antes de SMED	Situación después de SMED
Tiempo de ajuste de máquina	El tiempo de ajuste era de 35 minutos, afectando la continuidad del proceso.	El tiempo de ajuste se redujo a 24 minutos, mejorando la disponibilidad de la máquina.
Disponibilidad de herramientas	Los operarios debían buscar o compartir herramientas, lo que generaba demoras e interrupciones.	Cada operario dispone de un kit propio de herramientas, permitiendo ajustes inmediatos.
Acceso a módulos y componentes	Los módulos estaban ubicados lejos de la máquina, obligando a recorridos innecesarios.	Los módulos fueron reubicados cerca de la máquina, optimizando el acceso y reduciendo desplazamientos.
Gestión del empaque	El material de empaque se encontraba disperso, dificultando su localización y uso oportuno.	Se implementó una estantería organizada y próxima a la máquina para el almacenamiento de empaques.
Estandarización del proceso	El ajuste dependía principalmente de la experiencia del operario, generando variabilidad en los resultados.	Se desarrolló una ficha técnica con parámetros estandarizados, asegurando ajustes rápidos y precisos.
Eficiencia del proceso	Baja eficiencia, con tiempos prolongados y actividades poco estandarizadas.	Alta eficiencia, con una reducción del 31,4% en el tiempo total de ajuste y mayor uniformidad operativa.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

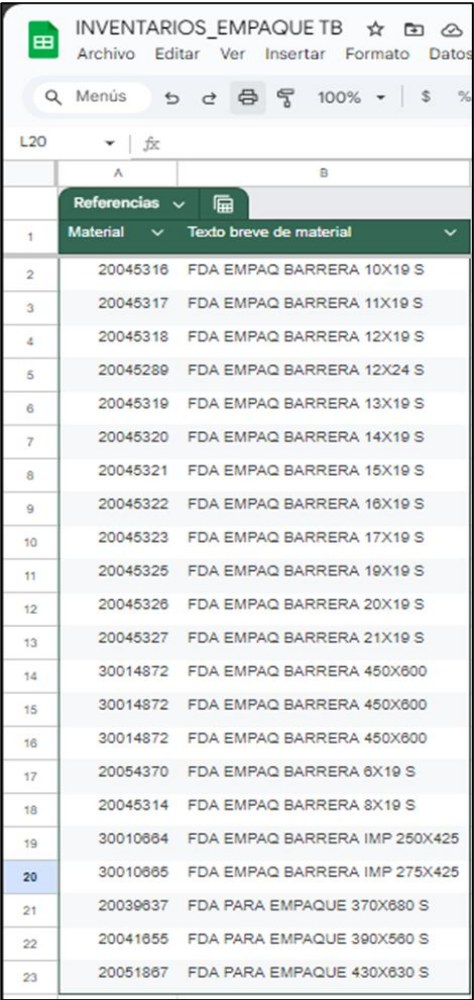
Desarrollo de aplicación digital

Como parte de la optimización del proceso de control de inventarios, se propone el desarrollo de una aplicación digital orientada a la gestión eficiente de los materiales de empaque, utilizando herramientas accesibles como Google Sheets o Microsoft Excel en la nube.

Esta aplicación permitirá registrar, organizar y monitorear en tiempo real los niveles de stock de cada material, incorporando parámetros clave como el stock mínimo y el stock de seguridad. A partir de estos valores, el sistema generará alertas automáticas cuando el

inventario alcance niveles críticos, facilitando la toma de decisiones oportunas para la fabricación o reposición de los materiales requeridos, evitando así desabastecimientos y paradas en el proceso productivo.

Para su implementación, el archivo se estructurará en diferentes hojas o tablas interrelacionadas, cada una diseñada para gestionar información específica del sistema, tales como: materiales de empaque, movimientos de inventario (entradas y salidas), alertas generadas y órdenes de fabricación o reposición. Cada una de estas tablas contará con una columna clave o identificador único (ID), lo que permitirá garantizar la trazabilidad, integridad y correcta relación de los datos dentro del sistema, se presenta en la Figura No.22.



	A	B
	Material	Texto breve de material
2	20045316	FDA EMPAQ BARRERA 10X19 S
3	20045317	FDA EMPAQ BARRERA 11X19 S
4	20045318	FDA EMPAQ BARRERA 12X19 S
5	20045289	FDA EMPAQ BARRERA 12X24 S
6	20045319	FDA EMPAQ BARRERA 13X19 S
7	20045320	FDA EMPAQ BARRERA 14X19 S
8	20045321	FDA EMPAQ BARRERA 15X19 S
9	20045322	FDA EMPAQ BARRERA 16X19 S
10	20045323	FDA EMPAQ BARRERA 17X19 S
11	20045325	FDA EMPAQ BARRERA 19X19 S
12	20045326	FDA EMPAQ BARRERA 20X19 S
13	20045327	FDA EMPAQ BARRERA 21X19 S
14	30014872	FDA EMPAQ BARRERA 450X600
15	30014872	FDA EMPAQ BARRERA 450X600
16	30014872	FDA EMPAQ BARRERA 450X600
17	20054370	FDA EMPAQ BARRERA 6X19 S
18	20045314	FDA EMPAQ BARRERA 8X19 S
19	30010664	FDA EMPAQ BARRERA IMP 250X425
20	30010665	FDA EMPAQ BARRERA IMP 275X425
21	20039637	FDA PARA EMPAQUE 370X680 S
22	20041655	FDA PARA EMPAQUE 390X560 S
23	20051867	FDA PARA EMPAQUE 430X630 S

Figura No. 22: Hoja de base de datos

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Se establece una estructura de base de datos compuesta por una tabla principal denominada “Ítems”, en la cual se registran todos los materiales de empaque con sus respectivas características, incluyendo niveles de stock mínimo y stock de seguridad. Adicionalmente, se implementa una tabla de “Inventario” destinada al registro de movimientos de entrada y salida de materiales. Esta estructura permite el control dinámico del inventario y la generación de alertas automáticas cuando el nivel de existencias alcanza valores críticos, como se muestra en la Figura No.23.

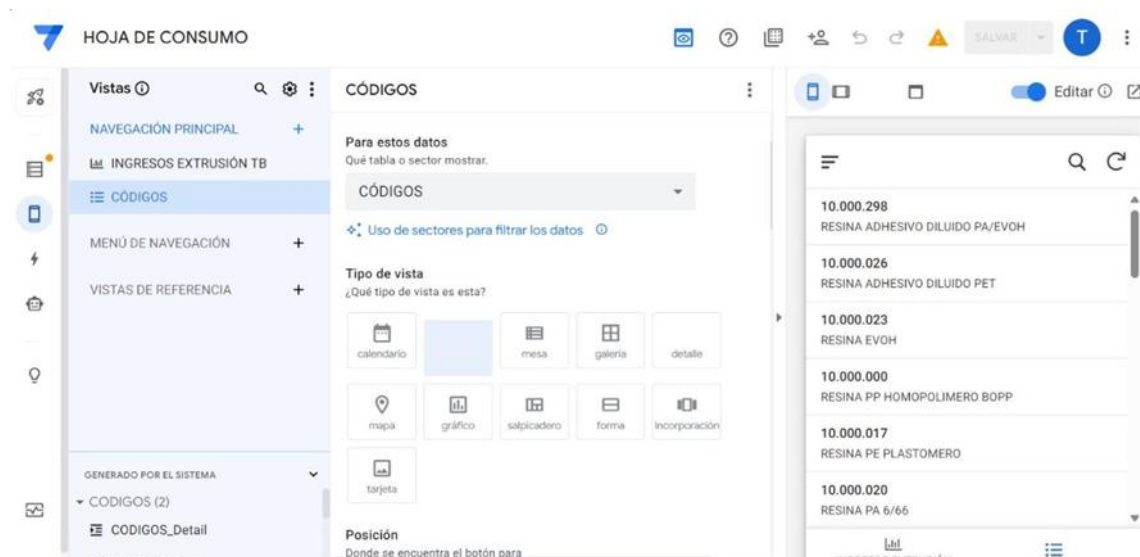


Figura No. 23: Hoja de consumo códigos.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Como parte del modelo propuesto para la gestión de inventarios de materiales de empaque, se define la creación de una tabla denominada “Inventory Log”, cuya finalidad es registrar de manera sistemática todos los movimientos de entrada y salida de los ítems. Esta tabla permite llevar un control histórico del inventario, facilitando la trazabilidad y el análisis de variaciones en los niveles de stock.

La estructura de la tabla contempla los siguientes campos: un identificador único denominado Log ID, que actúa como clave primaria; el campo Item ID, que funciona como referencia a la tabla principal de ítems; la fecha y hora del movimiento; la cantidad, registrada en valores positivos para entradas y negativos para salidas; el tipo de movimiento (entrada o salida); un campo de observaciones para detallar información adicional; y finalmente, el usuario responsable del registro.

Posteriormente, para la implementación de la aplicación, se procede a la integración de las tablas en la plataforma AppSheet. Para ello, se accede a Appsheet.com, se selecciona la opción New App y se vincula el archivo de Google Sheets o Excel previamente estructurado. Dentro del entorno de AppSheet, se configuran las tablas “Ítems” e “Inventory Log”, verificando que los tipos de datos y las claves sean correctamente reconocidos por el sistema.

En esta etapa, se define el campo Item ID como clave principal en la tabla de ítems, mientras que en la tabla Inventory Log se establece Log ID como clave primaria y Item ID como campo de referencia (Ref) hacia la tabla de ítems. Esta relación permite integrar ambas tablas, garantizando la consistencia de los datos y facilitando la automatización del control de inventarios, incluyendo el cálculo de existencias y la generación de alertas, como se representa en la Figura No.24.

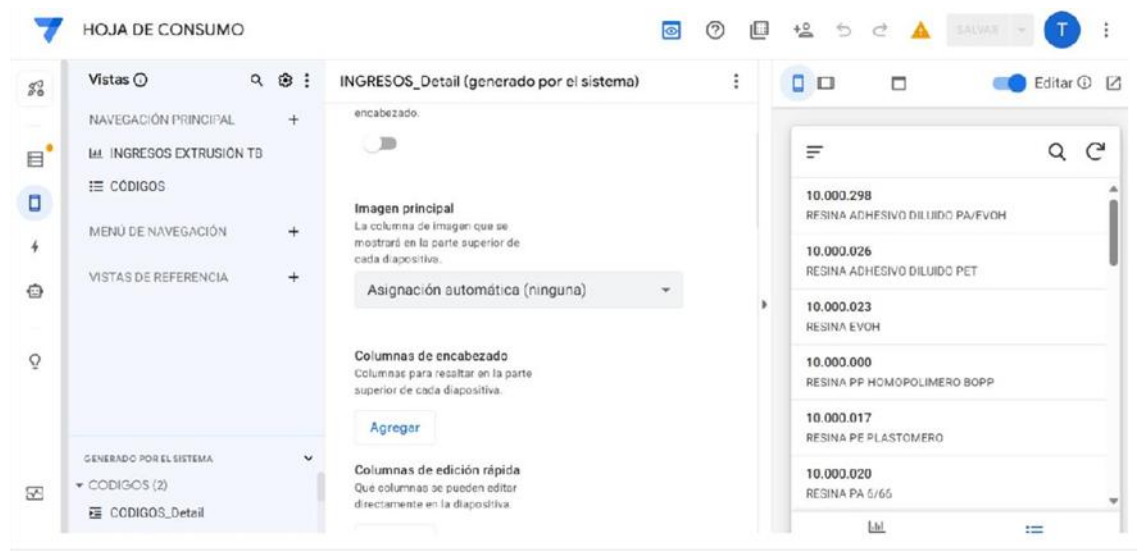


Figura No. 24: Hoja de consumo ingreso.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

App Sheet usa Bots (Automations) para enviar emails o notificaciones push cuando se cumple una condición. Puedes activar el bot por evento de cambio (al crear/editar Inventory Log) o por programación diaria/schedulada que revise todos los ítems. Ayuda de Google+1 se como se muestra en la Figura 25.

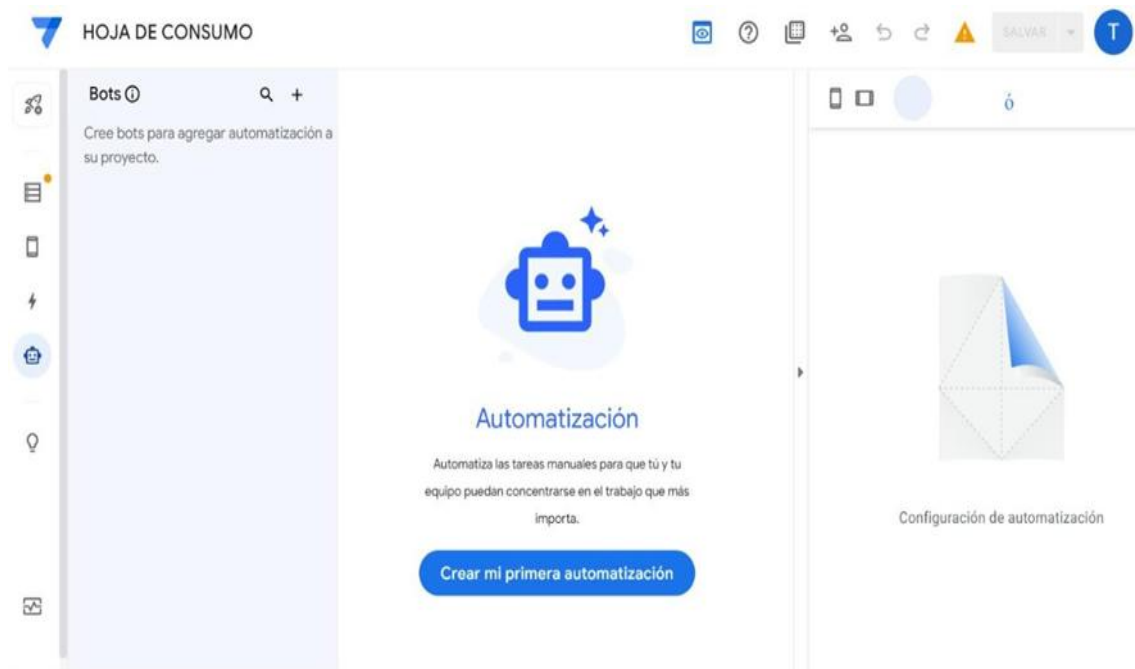


Figura No. 25: Hoja de consumo bots.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Evento (Event): Data change → Table: Inventory Log → When: Adds or Updates

(según cómo captures movimientos).

Supongamos que usas Current Stock (virtual column en ítems). En el Bot puedes usar una condición en el Process u Event.

Al desarrollar la aplicación en App Sheet, diseñada para digitalizar y automatizar el control de inventario de empaques. La aplicación integra funcionalidades críticas para la gestión eficiente del stock, incluyendo Monitoreo en tiempo real de las existencias de cada empaque. Definición de stock mínimo y de seguridad, según las necesidades del área de sellado. Alertas automáticas, que notifican a los responsables cuando el inventario alcanza niveles críticos, con la finalidad de evitar interrupciones en la producción. Registro histórico de consumo, facilitando el análisis de tendencias y la planificación de pedidos futuros, como se expone en la Figura No.26.

Finalmente, la aplicación permite una adecuada trazabilidad y análisis histórico del inventario, dado que el registro sistemático de los consumos posibilita la identificación de patrones de demanda y el ajuste eficiente de los niveles de stock mínimo, contribuyendo a una gestión más estratégica del inventario

Consumo de inventario de empaques

El sistema de alertas inteligentes desarrollado en App Sheet tiene como finalidad optimizar el control de inventario de empaques utilizados en el área de sellado. Su funcionamiento se basa en un registro digital donde el operador descuenta las cantidades de insumos consumidos en cada turno. Cuando el sistema detecta que una referencia alcanza el nivel mínimo de stock previamente definido, se genera automáticamente una alerta por correo electrónico dirigida al responsable del área o al encargado de inventarios, en la Figura 27 se presenta la pantalla de ingreso.

The image shows a mobile application interface titled "Consumos Form". It features several input fields: "ORDEN" with a numeric value of 0, "CODIGO" with a numeric value of 0, "CANTIDAD CONSUMIDA" with a numeric value of 0 and minus/plus buttons, "FECHA Y HORA DE CONSUMO" with a timestamp of 11/11/2025, 6:16:18 p. m., and "RESPONSABLE" which is a dropdown menu. At the bottom of the form are two buttons: "Cancel" and "Save". The interface is displayed on a mobile device screen with a status bar at the top showing the time 6:16 and various icons.

Figura No. 27: Ingreso de consumo

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

A continuación, se presenta la interfaz del módulo de registro de consumo utilizada por el operador. En esta pantalla, el usuario debe ingresar la orden de producción a la cual se asociará el consumo de materiales de empaque, así como el código del empaque utilizado y la cantidad consumida durante el proceso.

Los campos correspondientes a la fecha y hora se generan automáticamente por el sistema, lo que garantiza la trazabilidad y la precisión temporal de los datos registrados. Una vez completada la información, el operador confirma el registro, permitiendo que el sistema actualice de manera automática el inventario, el funcionamiento descrito puede observarse en la Figura 28, donde se muestra el formulario completamente diligenciado.

The screenshot displays a mobile application interface with a green header bar labeled 'Details'. Below the header, the form contains the following information:

- DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: FDA EMPAQ BARRERA 12X19 S
- ORDEN: 150000016940
- CODIGO: 20045318
- CANTIDAD CONSUMIDA: 3.000
- FECHA Y HORA DE CONSUMO: 8/10/2025 15:49:44
- RESPONSABLE: B. CAIZA

The bottom of the screen features a green navigation bar with three icons and labels: 'CONSUMOS', 'INVENTARIO EMPAQUES', and 'NIVELES DE CONSUMO'.

Figura No. 28: Ingreso de consumo

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

La interfaz principal del módulo Inventario de Empaques de la aplicación desarrollada en App Sheet, permite visualizar de forma ordenada y actualizada todas las referencias de empaques utilizadas en el área de sellado. Cada registro contiene el nombre del empaque,

el código interno asignado y la cantidad actual disponible en unidades, como se aprecia en la Figura No.29.



INVENTARIO EMPAQUES	
FDA EMPAQ BARRERA 450X600 30014872	1.000
FDA EMPAQ BARRERA IMP 275X425 30010665	1.800
FDA EMPAQ BARRERA IMP 250X425 30010664	8.000
FDA EMPAQ BARRERA 6X19 S 20054370	2.000
FDA PARA EMPAQUE 430X630 S 20051867	7.200
FDA EMPAQ BARRERA 21X19 S 20045327	2.000
FDA EMPAQ BARRERA 20X19 S 20045326	2.000

CONSUMOS INVENTARIO EMPAQUES NIVELES DE CONSUMO

Figura No. 29: Inventario de compras

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Esta estructura de visualización facilita el monitoreo continuo del inventario, permitiendo que tanto los operadores como los supervisores puedan verificar en tiempo real el estado de los materiales. La información mostrada en esta pantalla se alimenta automáticamente a partir de los registros de consumo ingresados por los operadores en sus respectivas órdenes de producción.

De esta manera, el sistema mantiene una sincronización dinámica entre el consumo real y el nivel de inventario actualizado, reduciendo la probabilidad de errores humanos asociados a registros manuales, esta vista sirve como base para el sistema de alertas inteligentes, ya que las cantidades mostradas son evaluadas constantemente frente a los valores mínimos definidos para cada referencia. Cuando una cantidad alcanza o desciende por debajo del nivel crítico configurado, la aplicación activa de manera automática el

envío de una notificación por correo electrónico, informando sobre la necesidad de reposición. Este módulo, por tanto, constituye una herramienta fundamental dentro del sistema, al proporcionar una visualización centralizada, confiable y actualizada del estado de los empaques, optimizando la gestión de materiales y contribuyendo a la continuidad operativa del proceso de sellado.

Nivel de consumo

En este módulo, representa visualmente la cantidad de unidades consumidas por cada referencia de empaque a lo largo del tiempo, lo que permite analizar el comportamiento del consumo y las tendencias de utilización de materiales dentro del proceso de sellado.

Cada punto en la gráfica indica la cantidad consumida asociada a una referencia específica, mientras que la línea que conecta estos puntos refleja la variación del consumo entre los diferentes empaques. Este tipo de visualización facilita la identificación de los materiales con mayor rotación o demanda, así como aquellos cuyo consumo se mantiene estable o disminuye, se lo presenta en la Figura No.30.

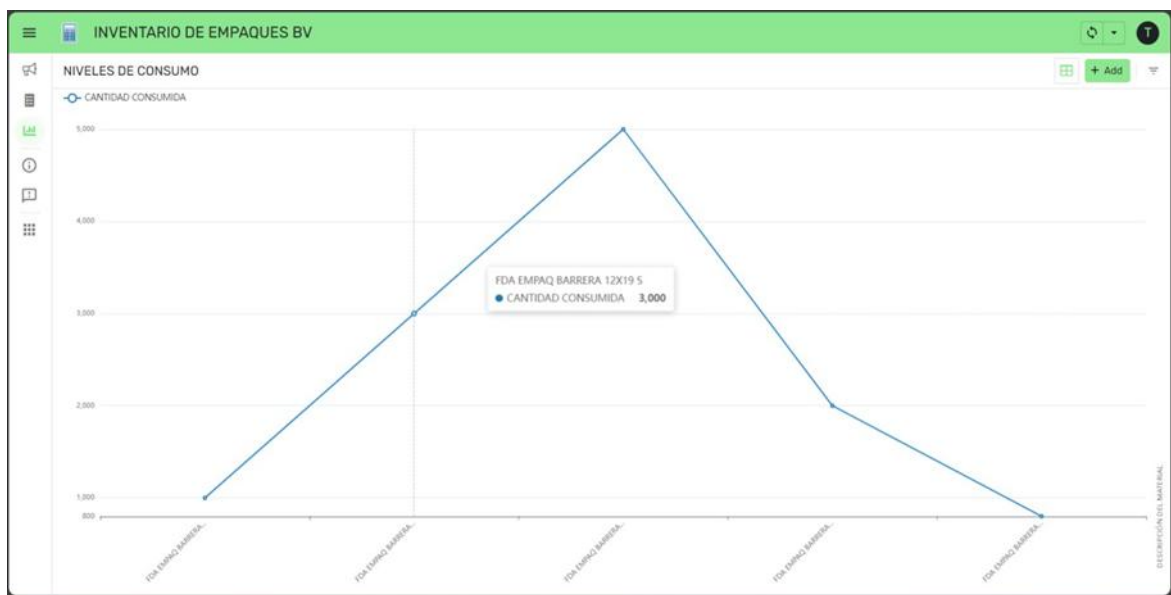


Figura No. 30: Nivel de consumo

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Con base en esta información, es posible establecer patrones de consumo, optimizar los niveles de stock y anticipar la necesidad de reposición antes de que se produzcan faltantes, el análisis de estos datos permite generar estrategias de planificación de compras más

eficientes, reduciendo el exceso de inventario y garantizando la disponibilidad continua de los empaques requeridos en el área de producción.

Correo de alerta

Cuando el sistema detecta que una referencia de empaque alcanza el nivel mínimo de inventario preestablecido, la aplicación desarrollada en AppSheet genera y envía automáticamente una alerta por correo electrónico a los responsables del control de inventarios. El mensaje es emitido directamente por el sistema, sin intervención manual, e incluye información clave como la referencia del material próximo a agotarse, su código interno, la cantidad disponible y el número estimado de días para su reposición.

Este mecanismo evidencia que la aplicación no solo monitorea los niveles de stock en tiempo real, sino que también incorpora una notificación proactiva que garantiza la comunicación inmediata con el personal operativo y de planificación. De esta manera, se contribuye a asegurar la continuidad del suministro de empaques y a prevenir retrasos o interrupciones en las líneas de producción, este funcionamiento se presenta en la Figura No.31.

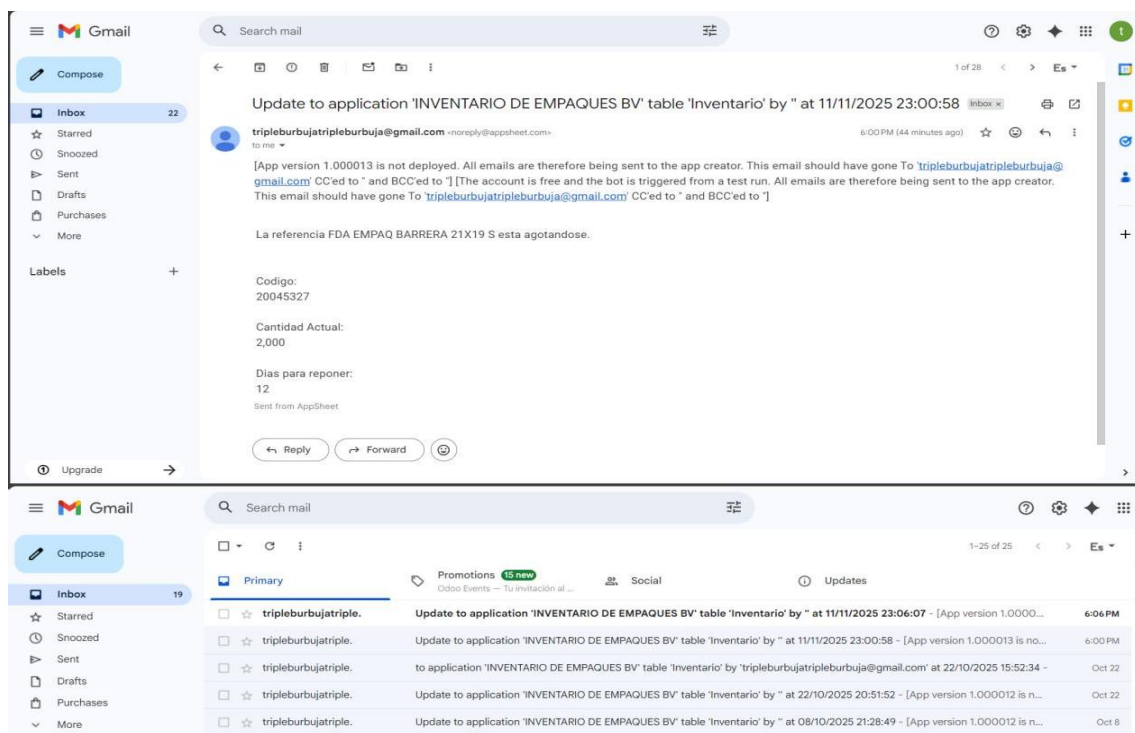


Figura No. 31: Correo de aviso.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Pedido de material de empaque

Se relaciona con que una vez que se recibe la alerta del material, se procede a notificar al departamento de Planificación, con el fin de gestionar la creación o reposición del empaque requerido. Esta acción permite mantener los niveles de inventario dentro de los parámetros establecidos y asegurar la disponibilidad de materiales necesarios para la continuidad del proceso productivo, como se presenta en la Figura No.32.

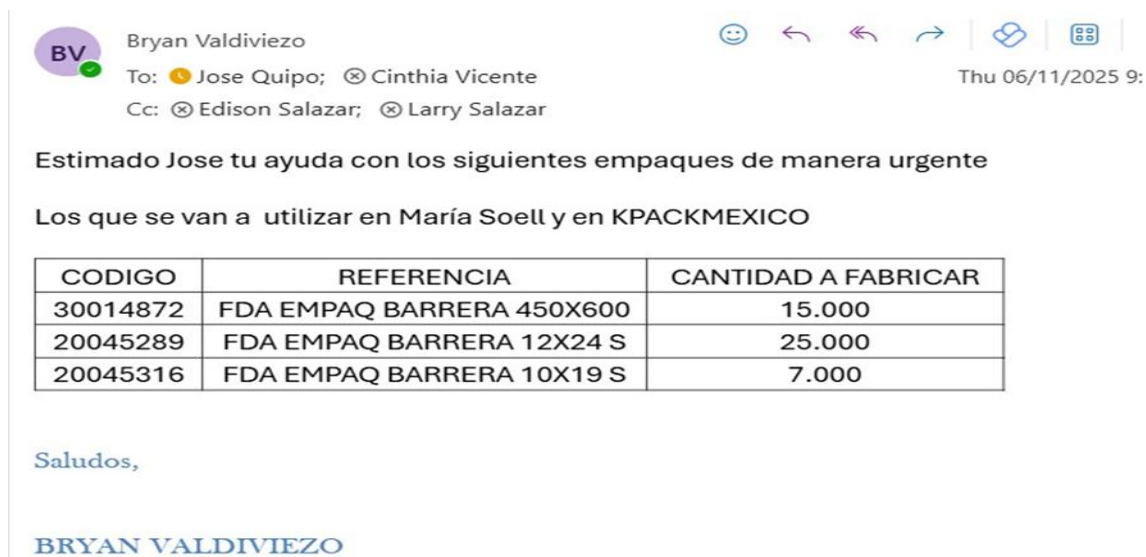


Figura No. 32: Correo de solicitud.

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Desarrollo y seguimiento de la ejecución

La ejecución del proyecto se desarrolló de manera progresiva y controlada, conforme a un esquema por fases previamente definido, por lo cual el seguimiento fue realizado de manera conjunta por el responsable del área de sellado y el investigador, mediante técnicas como la observación directa, el registro de tiempos, la verificación de inventarios físicos y la validación de la información generada por la aplicación.

Por lo tanto, se implementaron acciones clave orientadas a la mejora del proceso productivo y la gestión de inventarios. En primer lugar, se aplicó la metodología SMED en el cambio de bobina, incorporando coches hidráulicos y reubicando estratégicamente las bobinas para reducir tiempos improductivos. Posteriormente, se ejecutó SMED en el ajuste de máquina, mediante la dotación adecuada de herramientas, la reorganización de módulos y la estandarización de parámetros técnicos.

Adicionalmente, se diseñó e implementó la ficha técnica de proceso, la cual sirve como guía estandarizada para la correcta configuración de las máquinas. Finalmente, se desarrolló e implementó el sistema de alertas inteligentes, el cual fue sometido a pruebas piloto y validado en condiciones reales de operación, garantizando su funcionalidad y confiabilidad, se propone los siguientes indicadores KPI que se presentan en la Tabla No. 26.

Tabla No. 26: Indicadores KPI

Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta
Reducir el tiempo de cambio de bobina	Tiempo promedio de cambio de bobina	Σ tiempo de cambio / número de cambios	Minutos	Diario	Supervisor de sellado	≤ 5 min
Optimizar el ajuste de máquina	Tiempo de ajuste de máquina	Tiempo total de ajuste	Minutos	Diario	Operador / Supervisor	≤ 24 min
Mejorar la disponibilidad de la línea	Disponibilidad operativa	$(\text{Tiempo productivo} / \text{Tiempo total}) \times 100$	%	Semanal	Jefe de producción	$\geq 90\%$
Reducir quiebres de stock	Nivel de cumplimiento de stock	$(\text{Órdenes sin quiebre} / \text{Total órdenes}) \times 100$	%	Semanal	Encargado de inventarios	$\geq 95\%$
Incrementar la precisión del inventario	Exactitud de inventario	$(\text{Stock físico} / \text{Stock sistema}) \times 100$	%	Mensual	Bodega	$\geq 98\%$
Optimizar la gestión de alertas	Tiempo de respuesta a alertas	Tiempo desde alerta hasta acción (Pedidos realizados a tiempo / Total pedidos) $\times 100$	Horas	Semanal	Planificación / Compras	≤ 24 h
Mejorar la planificación de compras	Cumplimiento de reposición	$(\text{Movimientos registrados} / \text{Movimientos reales}) \times 100$	%	Mensual	Compras	$\geq 95\%$
Fortalecer la trazabilidad	Registro de movimientos		%	Diario	Operador	100%

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Resultados obtenidos

Como resultado de la ejecución de la propuesta, se obtuvieron mejoras cuantificables en los procesos del área de sellado, es así que el tiempo de cambio de bobina se redujo de 12 a 5 minutos, representando una disminución del 58,3%, además el tiempo de ajuste de máquina se redujo de 35 a 24 minutos, equivalente a una mejora del 31,4%.

En cuanto a la gestión de inventarios, se implementó un sistema digital automatizado con generación de alertas inteligentes, el cual constituye un avance significativo en la transformación digital del área de sellado. Durante la fase de validación, el sistema generó ocho (8) alertas automáticas, todas enviadas correctamente y sin fallos, permitiendo prevenir quiebres de stock y mejorar la planificación de compras.

La aplicación ha contribuido a incrementar la eficiencia operativa, reduciendo el tiempo destinado a tareas administrativas y permitiendo al personal enfocarse en actividades productivas. Asimismo, ha fortalecido la confiabilidad del inventario mediante la disminución de inconsistencias y errores humanos en los registros, garantizando información precisa y actualizada para la toma de decisiones.

Durante la validación del sistema de alertas inteligentes desarrollado en AppSheet, se realizaron pruebas en condiciones reales de operación en el área de sellado, con el objetivo de verificar su funcionalidad, confiabilidad y nivel de automatización. En esta etapa, las alertas se generaron de manera inmediata cuando las existencias alcanzaron los niveles mínimos definidos, siendo enviadas automáticamente a los correos electrónicos configurados para el control de inventarios, sin requerir intervención humana.

El formato estandarizado de las notificaciones facilitó su interpretación rápida por parte del personal responsable, asegurando una respuesta oportuna ante posibles desabastecimientos. Además, se evidenció que la plataforma ejecuta los envíos sin demoras perceptibles, lo que confirma la eficiencia del flujo automatizado y la estabilidad del sistema de comunicación.

De igual manera, se verificó la correspondencia entre los datos del inventario físico y los registrados en la aplicación, observándose una coincidencia constante entre ambas fuentes. Este resultado demuestra que el sistema no solo es funcional, sino también

confiable y preciso, cumpliendo con los requerimientos de trazabilidad propios de un entorno productivo regulado por normas de calidad e inocuidad.

Finalmente, durante las pruebas, el sistema mantuvo un comportamiento estable frente a distintos escenarios de consumo, evitando duplicidad de alertas y garantizando la consistencia de los registros. Esto valida la robustez del algoritmo implementado y su capacidad para operar de forma continua en un entorno industrial dinámico. En consecuencia, la automatización del proceso reduce significativamente la carga operativa del personal de inventarios, elimina tareas manuales repetitivas y minimiza el riesgo de error humano, contribuyendo directamente a mejorar la eficiencia operativa y el control interno de la planta.

Análisis e Interpretación de Resultados

Los resultados obtenidos en las pruebas de validación permiten afirmar que el sistema cumple con los criterios técnicos y funcionales definidos en la etapa de diseño: detección oportuna, automatización del envío de alertas, coherencia con el inventario real y estabilidad del sistema. El hecho de que las ocho alertas generadas se emitieran correctamente, sin errores de envío ni inconsistencias en los datos, constituye una evidencia cuantitativa suficiente para confirmar la operatividad del sistema, la concordancia entre el inventario físico y los registros digitales demuestra un nivel de precisión superior al 95 %, lo cual es considerado aceptable dentro de procesos industriales de control de materiales.

Desde el punto de vista técnico, la plataforma App Sheet demostró ser una solución eficiente y escalable, capaz de integrarse con bases de datos actualizadas en tiempo real, garantizando un flujo continuo de información sin requerir infraestructura tecnológica adicional. Este comportamiento respalda la fiabilidad y sostenibilidad del sistema a largo plazo, así como su capacidad para adaptarse a futuros aumentos en el volumen de referencias o en la frecuencia de consumo. En términos operativos, el sistema cumple un papel preventivo clave: anticipar posibles paros de línea debido a la falta de empaques, lo que repercute directamente en la productividad y continuidad del proceso de sellado. El análisis comparativo de los tiempos de reposición antes y después de la implementación

muestra una mejora significativa en la capacidad de respuesta del área logística, evidenciando que el sistema aporta un valor tangible al proceso.

Conclusión de la validación

Con base en el conjunto de evidencias presentadas, se concluye que el sistema de alertas inteligentes desarrollado en AppSheet es válido, funcional y adecuado para su aplicación en entornos industriales. El sistema permite detectar y notificar de manera oportuna los niveles mínimos de inventario, automatizando por completo el proceso de control y generación de alertas, lo que reduce significativamente la intervención manual.

Asimismo, mantiene coherencia y precisión con los inventarios reales, contribuyendo a evitar paros de línea y optimizando la continuidad del proceso productivo. De igual manera, fortalece la trazabilidad y mejora la eficiencia del sistema de gestión de insumos.

El número y la calidad de las alertas generadas, así como su correspondencia con los datos reales del inventario, constituyen una base de evidencia sólida para considerar el sistema como plenamente validado y apto para su uso operativo. En consecuencia, se determina que cumple con los criterios de validación funcional, técnica y operativa, pudiendo ser implementado como una herramienta confiable dentro del proceso de gestión de empaques en el área de sellado, con un impacto positivo en la eficiencia, el control y el aseguramiento de la inocuidad del proceso productivo.

Presentación de resultados

Como resultado de la implementación de la propuesta, se evidenciaron mejoras cuantificables en los procesos del área de sellado. El tiempo de cambio de bobina se redujo de 12 a 5 minutos, lo que representa una disminución del 58,3%. Asimismo, el tiempo de ajuste de máquina pasó de 35 a 24 minutos, equivalente a una mejora del 31,4%.

Adicionalmente, se eliminaron desplazamientos innecesarios mediante la incorporación de coches hidráulicos y la ubicación estratégica de pallets en proximidad a las selladoras, optimizando la ergonomía y eficiencia del proceso. De forma complementaria, se implementó un sistema digital de control de inventarios con generación automática de

alertas. Durante la fase de validación, el sistema emitió ocho (8) alertas automáticas, todas correctamente enviadas y sin presentar fallos.

En conjunto, estas mejoras permitieron incrementar la disponibilidad operativa de las máquinas y fortalecer el control de los materiales de empaque, contribuyendo a una mayor eficiencia y confiabilidad del proceso productivo.

Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico se desarrolló a partir de los datos recolectados en los periodos previo y posterior a la implementación del sistema propuesto. Para ello, se emplearon medidas descriptivas como el promedio, los valores mínimos y máximos, así como indicadores de dispersión que permitieron caracterizar el comportamiento del consumo de materiales de empaque.

Al analizar el comportamiento del consumo de materiales de empaque antes y después de la implementación del sistema de control automatizado, se calcularon medidas estadísticas descriptivas que permiten evaluar la tendencia central y la dispersión de los datos, que incluyen el promedio, los valores mínimos y máximos, así como la desviación estándar, como se presenta en la Tabla No.27.

Tabla No. 27: Medidas descriptivas del consumo de empaques.

Periodo	Promedio (und)	Mínimo (und)	Máximo (und)	Desviación estándar
Antes	5200	1100	9800	2,3
Después	4950	3800	6200	8,5

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Los resultados evidencian una reducción significativa en la variabilidad del consumo de empaques tras la implementación del sistema. La disminución de la desviación estándar, así como la reducción en la amplitud entre los valores mínimos y máximos, indican un comportamiento más estable y controlado del inventario, lo que contribuye a una mejor planificación y gestión de los materiales.

Para complementar el análisis descriptivo, se evaluó la variabilidad del consumo mediante el cálculo del rango, el cual permite identificar la amplitud de dispersión entre

los valores extremos del consumo en cada periodo. Para lo cual se realizó un análisis de tendencias mediante el estudio de series temporales del consumo, lo que permitió identificar patrones de comportamiento y evaluar la estabilidad del inventario a lo largo del tiempo, como se presenta en la Tabla No.28.

Tabla No. 28: Análisis del rango de consumo de empaques.

Periodo	Valor mínimo (und)	Valor máximo (und)	Rango (und)
Antes	1100	9800	8700
Después	3800	6200	2400

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Se observa una reducción considerable del rango de consumo en el periodo posterior a la implementación, pasando de 8.700 a 2.400 unidades. Este resultado confirma una menor dispersión en los datos y evidencia un mayor control en el uso de los materiales de empaque, lo que reduce la incertidumbre en la gestión del inventario.

Con el fin de validar la confiabilidad del sistema implementado, se realizó una comparación entre el inventario físico registrado en planta y el inventario digital gestionado mediante la aplicación. Este análisis permite medir el nivel de exactitud del sistema de control, de donde observó un comportamiento más uniforme en el consumo de empaques, lo que facilitó la anticipación de requerimientos y la optimización de la planificación de compras, reduciendo así la probabilidad de quiebres de stock, como se aprecia la Tabla No.29.

Tabla No. 29: Resultados comparativos

Ítem	Inventario físico (und)	Inventario sistema (und)	Diferencia (und)	Precisión (%)
FDA EMPAQ BARRERA 9 x 19	4380	4350	30	99,32 %
FDA EMPAQ BARRERA 10 x 19	3650	3630	20	99,45 %
FDA EMPAQ BARRERA 14 x 19 S	5860	5820	40	99,32 %
FDA EMPAQ BARRERA 15 x 19	3000	2970	30	99,00 %
FDA EMPAQ BARRERA 12 x 24 S	2010	1980	30	98,51 %
FDA EMPAQ BARRERA 12 x 19 S	2350	2320	30	98,72 %
FDA EMPAQ BARRERA 13 x 19 S	2400	2370	30	98,75 %
FDA EMPAQ BARRERA 14 x 24 S	6000	5800	200	96,67 %

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

Los resultados evidencian una alta correspondencia entre el inventario físico y el inventario digital, alcanzando niveles de precisión superiores al 95% en todos los ítems analizados. Esto demuestra la confiabilidad del sistema implementado y su efectividad para reducir inconsistencias derivadas de registros manuales. Asimismo, se confirma que la digitalización del control de inventarios, junto con el uso de alertas automáticas, contribuye significativamente a mejorar la exactitud, trazabilidad y gestión eficiente de los materiales de empaque en el área de sellado.

Finalmente, la comparación entre el inventario físico y el inventario digital evidenció un nivel de precisión superior al 95% lo que, valida la confiabilidad y consistencia del sistema implementado, tal como se presenta en la Tabla No.30.

Tabla No. 30: Resultados comparativos

Indicador	Antes	Después	Mejora
Tiempo cambio de bobina	12 min	5 min	58,3 %
Tiempo ajuste	35 min	24 min	31,4 %
Control de inventarios	Digital	Automatizado	Disminución del tiempo y costo
Quiebres de stock	Frecuentes	Ocasionales	Reducción significativa

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

El análisis comparativo de los indicadores operativos, antes y después de la implementación de la propuesta, evidencia mejoras significativas en el desempeño del área de sellado. En primer lugar, el tiempo requerido para el cambio de bobina se redujo de 12 a 5 minutos, lo que representa una disminución del 58,3 %, incrementando directamente la disponibilidad operativa de la maquinaria. De manera complementaria, el tiempo de ajuste de máquina disminuyó de 35 a 24 minutos, equivalente a una mejora del 31,4 %, lo cual permitió reducir los tiempos improductivos asociados a la preparación de equipos.

En cuanto a la gestión de inventarios, se evidenció una transformación sustancial al pasar de un sistema manual a un sistema digital automatizado, fortaleciendo la trazabilidad de los materiales y la confiabilidad de la información. Como resultado, los quiebres de stock, que anteriormente se presentaban con alta frecuencia, se redujeron a eventos ocasionales, garantizando una mayor continuidad del proceso productivo.

La inversión total del proyecto ascendió a USD 5.100, correspondiente a la adquisición de coches hidráulicos, el desarrollo de la aplicación, la elaboración de fichas técnicas y la capacitación del personal. Los beneficios obtenidos se reflejan en la reducción de tiempos improductivos, la mejora en el control de inventarios y la disminución de quiebres de stock, lo que contribuye directamente a la eficiencia operativa del área.

Por lo tanto, los resultados alcanzados demuestran que la ejecución de la propuesta fue técnica y operativamente viable. La aplicación de la metodología SMED, junto con la implementación del sistema de alertas inteligentes, permitió optimizar los procesos del área de sellado, fortalecer el control de los materiales de empaque y asegurar la continuidad del proceso productivo, cumpliendo con los objetivos planteados en la investigación.

Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones del proyecto se identifica la dependencia de la digitación manual de los consumos de materiales de empaque por parte del personal operativo, lo cual puede generar inconsistencias en los registros si la información no es ingresada de manera oportuna.

Asimismo, el sistema fue implementado exclusivamente en el área de sellado, por lo que los resultados obtenidos no pueden generalizarse de forma inmediata a otras áreas de la empresa sin un proceso previo de adaptación y validación.

Adicionalmente, la solución desarrollada no se encuentra integrada a un sistema ERP corporativo, lo que limita la visibilidad y el alcance de la información a nivel global dentro de la organización.

Implicaciones del estudio

Desde el punto de vista técnico, los resultados obtenidos demuestran que es viable mejorar el control de inventarios mediante la implementación de herramientas digitales accesibles, sin afectar la operación normal del proceso productivo.

A nivel de gestión, la investigación contribuye a fortalecer la cultura de control y prevención, promoviendo una gestión más proactiva de los materiales de empaque y mejorando la coordinación entre las áreas de producción y abastecimiento.

A nivel operativo la reducción de quiebres de stock y la mejora en la disponibilidad de materiales evidencian que la automatización del control de inventarios mediante alertas inteligentes constituye una estrategia efectiva para incrementar la continuidad del proceso productivo.

Finalmente, la solución propuesta presenta un alto potencial de escalabilidad, lo que permite su adaptación e implementación en otras áreas o en empresas

con características similares, contribuyendo a la optimización de la gestión de inventarios en entornos industriales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El diagnóstico del proceso de gestión de inventarios del área de sellado como se puede visualizarse en la Figura No.4, mediante la aplicación de herramientas de análisis de procesos, como diagramas de flujo, observación directa y revisión de registros operativos, se determinó que la principal causa de los quiebres de stock era la ausencia de un sistema automatizado de control y monitoreo de inventarios. Además, se identificaron deficiencias críticas asociadas al control manual del inventario, tales como demoras en el registro de consumos, limitada trazabilidad de los materiales y alta dependencia del factor humano, así se aprecia en los paros en la producción durante el primer semestre del año 2025, en la Figura No.6.
- La definición de niveles de stock de seguridad y criterios de alerta, el análisis de las series históricas de consumo permitió establecer niveles mínimos ajustados a la demanda real de los materiales de empaque, para ello, se realizó los cálculos que contempla el costo de preparación por lote, como se presenta en la Tabla No.13. Estos parámetros fueron definidos considerando la frecuencia de consumo, los tiempos de reposición y la variabilidad de cada ítem, lo que permitió anticipar las necesidades de abastecimiento con una antelación promedio de 15 días, reduciendo significativamente el riesgo de desabastecimiento y mejorando la planificación operativa, así lo evidencia en la Tabla No.14 donde se resumen los valores de la cantidad económica de pedido (EOQ), el costo de preparación por lote, el costo de mantenimiento unitario anual, el número de lotes por año y el tiempo entre lotes.
- La implementación del sistema de alertas inteligentes en la plataforma AppSheet, se logró automatizar el proceso de monitoreo y notificación de inventarios críticos, como se evidencia desde las Figuras No.22 a Figura 26. Durante la fase de validación, el sistema generó ocho alertas automáticas, las cuales fueron enviadas correctamente al personal responsable, incluyendo información clave como la referencia del material, código, cantidad disponible y tiempo estimado de

reposición. Además, para monitorear la eficiencia se propone se propone indicadores KPI que se presentan en a la Tabla No. 25, de esta manera se evidencia la funcionalidad, confiabilidad y eficiencia del sistema, así como la reducción de la dependencia de la supervisión manual.

Recomendaciones

- Se recomienda integrar en futuras versiones del sistema tecnologías de captura automática de datos, como sensores o lectores de código de barras, que permitan registrar el consumo de materiales de empaque en tiempo real durante cada orden de producción. Esta mejora reduciría la dependencia de la digitación manual, minimizaría errores humanos y fortalecería la precisión y trazabilidad del inventario.
- Se sugiere vincular la aplicación desarrollada en AppSheet con sistemas ERP o bases de datos corporativas, con el fin de lograr una gestión integral de la información. Esta integración permitiría sincronizar automáticamente los datos de consumo, reposición y alertas con los módulos de planificación, compras y producción, mejorando la toma de decisiones a nivel organizacional.
- De igual manera, se recomienda implementar la propuesta de indicadores clave de desempeño (KPI), tales como el porcentaje de cumplimiento del stock mínimo, el tiempo promedio de reposición y la frecuencia de alertas críticas. Estos indicadores facilitarían el monitoreo continuo del sistema y contribuirán a garantizar su sostenibilidad en el largo plazo. Finalmente, se sugiere realizar capacitaciones periódicas al personal operativo, con el propósito de asegurar el uso adecuado de la aplicación, la correcta digitación de la información y la continuidad del sistema en el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou, R. (2020). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Education.
- Chartwell. (2024). *2024: A Year of Global Market Growth*. Obtenido de <https://chartwellfs.com/global-market-growth-2024/>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation (6th ed.)*. Boston: Pearson Education.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo: Medición del trabajo y métodos*. . México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Google LLC. (2024). *What is AppSheet? Google Cloud*. Obtenido de <https://cloud.google.com/appsheet/docs/what-is-appsheet>
- Grand View Research. (2023). *Shrink sleeve labels market size, share & trends analysis report by material, by application, by region, and segment forecasts, 2023–2030*. Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/shrink-sleeve-labels-market>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Londres: Pearson Education.
- Kumar, R., & Kumar, P. (2017). Reduction of setup time by SMED methodology: A case study. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(5), 764-768. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V8/i11/IRJET-V8I11166.pdf>
- Market Research Future. (2024). *Shrink sleeve labels market research report: Global forecast to 2033*. Obtenido de <https://www.marketresearchfuture.com/>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Oregon: Productivity Press.
- Slack, N., & Brandon, A. (2022). *Operations Management*. California: Pearson Education.
- Toyota Material Handling. (2023). *Transpaletas manuales*. Obtenido de <https://www.toyota-forklifts.eu/>

ANEXOS

Anexo No. 1: Funcionamiento del sistema de alertas inteligentes en AppSheet

¿Qué es AppSheet?

Google AppSheet es una plataforma de desarrollo sin código que permite que cualquier usuario pueda crear aplicaciones web y móviles sin tener experiencia en programación. Puedes crear aplicaciones de AppSheet a partir de fuentes de datos, como Hojas de cálculo de Google, Excel, Cloud SQL, Salesforce y otros conectores similares, o bien utilizar una base de datos de AppSheet integrada. La actividad de los usuarios de la aplicación se sincroniza con las fuentes de datos conectadas. [Más información sobre la gestión de datos de AppSheet](#) 

Las aplicaciones son dinámicas y se pueden utilizar en todos los dispositivos móviles o navegadores. Puedes diseñar su interfaz a partir de plantillas de aplicaciones para crear mapas, calendarios, paneles de control y mucho más. Además, puedes incorporar flujos de trabajo automatizados en las aplicaciones para realizar tareas como enviar notificaciones, generar correos, crear informes personalizados y modificar los datos de cualquier fuente conectada.

En la siguiente tabla se ofrece un resumen de las suscripciones sin coste y de complementos disponibles para tu organización de Workspace en AppSheet.

Gestionar la suscripción a AppSheet

- [Añade AppSheet a Google Workspace](#) como suscripción complementaria (si es necesario).
- [Asigna licencias de AppSheet](#).
- Asegúrate de que AppSheet está activado en tu organización. Consulta el artículo sobre cómo [activar o desactivar AppSheet](#).
- Permite a tu equipo crear aplicaciones con lenguaje natural. Ve a [Activar o desactivar Gemini para crear aplicaciones](#) . El ajuste se aplica a nivel de equipo, por lo que, si tienes varios equipos, tendrás que inhabilitarlo en cada equipo pertinente.
- Permite que los creadores de aplicaciones utilicen Gemini en AppSheet Solutions para añadir tareas de IA en las automatizaciones y extraer y categorizar información. Ve al artículo sobre cómo [controlar qué creadores de aplicaciones pueden usar la IA en las automatizaciones](#) .
- Consulta las licencias de suscripción que se han comprado, asignado y utilizado con la [consola de administración de AppSheet](#) .
- Cambia a un plan superior de tu suscripción a AppSheet.

Crear aplicaciones de AppSheet

Para crear aplicaciones de AppSheet, consulta el artículo [Crear aplicaciones: conceptos](#)

	AppSheet sin coste	AppSheet Core	AppSheet Enterprise Plus
Usuarios	Crea aplicaciones básicas, utilízalas manualmente y pruébalas con algunos usuarios	Crea aplicaciones básicas conectadas a datos de Workspace y utilízalas con cualquier usuario de tu organización de Workspace	Crea aplicaciones con integraciones avanzadas y compártelas con quien quieras (usuarios internos o externos)
Administradores	Activa o desactiva AppSheet en la organización	- Activa o desactiva AppSheet en la organización Configuración de seguridad básica - Consulta los usuarios, las aplicaciones y las asignaciones de licencias en la consola de administración de AppSheet . No incluye la posibilidad de ajustar las políticas de gobernanza ni la configuración del equipo, ni de ver los detalles de la cuenta o de la aplicación.	Gestión y monitorización completas de equipos, así como controles de gobernanza y seguridad para la creación y el uso de aplicaciones mediante la consola de administración de AppSheet  .

Figura No. 33: Fundamentación de AppSheet

Elaborado por: El autor a investigado en la fuente (Google LLC, 2024)

Anexo No. 2: Pruebas Piloto

6:16

← Consumos Form

ORDEN*

0

CODIGO*

0

CANTIDAD CONSUMIDA*

0 - +

FECHA Y HORA DE CONSUMO*

11/11/2025, 6:16:18 p. m.

RESPONSABLE

Cancel Save

Figura No. 34: Consumo de empaque

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

6:29

≡ INVENTARIO EMPAQUES 🔍 ↻

FDA EMPAQ BARRERA 450X600 30014872	1.000
FDA EMPAQ BARRERA IMP 275X425 30010665	1.800
FDA EMPAQ BARRERA IMP 250X425 30010664	8.000
FDA EMPAQ BARRERA 6X19 S 20054370	2.000
FDA PARA EMPAQUE 430X630 S 20051867	7.200
FDA EMPAQ BARRERA 21X19 S 20045327	2.000
FDA EMPAQ BARRERA 20X19 S 20045326	2.000

CONSUMOS INVENTARIO EMPAQUES NIVELES DE CONSUMO

Figura No. 35: Inventario de empaques

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

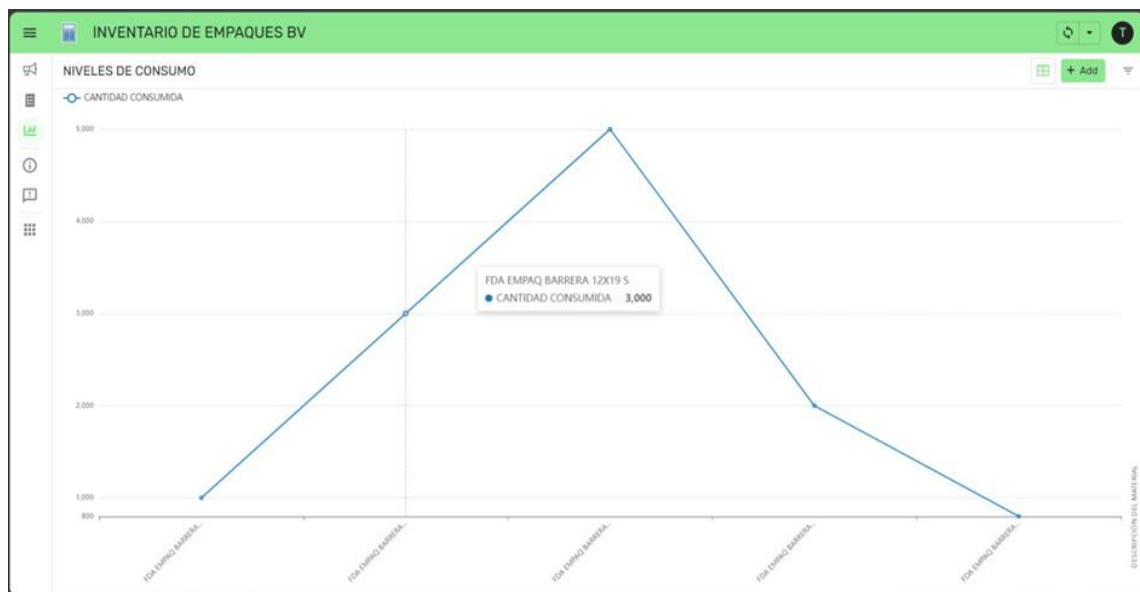


Figura No. 36: Nivel de consumo

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.

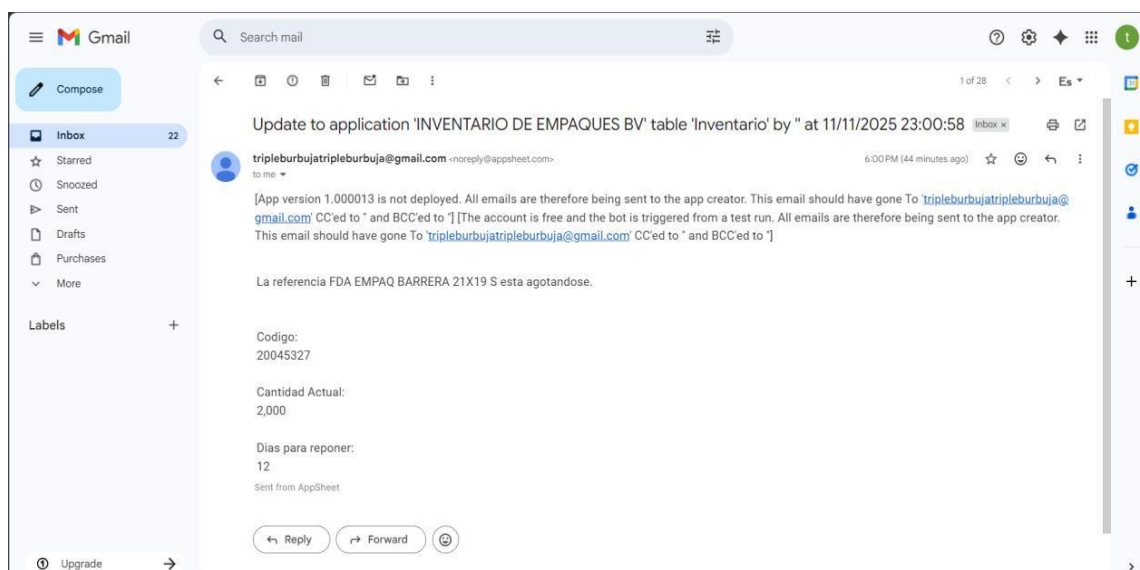


Figura No. 37: Avisos de nivel bajo de empaque

Elaborado por: El autor adaptado de la empresa caso de estudio para la propuesta.