



**Diseño de un sistema de alimentación continua en la línea de barnizado de la empresa
Prodevases S.A.S.**

Cristian Andrés Jaimes Amaya

Informe de práctica semestre de industria presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico
otorgado por UdeA

Asesor:

Ricardo Moreno Sánchez, PhD. en Mecatrónica. M.Sc. en Ingeniería

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de ingeniería mecánica

Medellín, Colombia

2024

Cita	(Jaimes Amaya, 2024)
Referencia	Jaimes Amaya, C. A. (2024). <i>Diseño de un sistema de alimentación continua para la línea de barnizado de la empresa Prodevases S.A.S.</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de Contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
1. Planteamiento del Problema	9
2. Objetivos	10
3. Estado del Arte	11
3.1. Historia y evolución de la producción y fabricación de envases de hojalata. ...	11
3.2. Mecanismos comerciales y artículos relacionados	11
4. PLANIFICACIÓN Y ANÁLISIS	22
4.1. Procesos de fabricación actuales en PRODENVASES S.A.S.....	22
4.2. Optimización de Procesos Industriales.....	27
4.3. Situación presente	28
4.4. Recolección de datos.....	32
4.5. Retorno de Inversión (ROI)	38
4.6. Identificación de requerimientos	41
1. Requerimientos Operativos.....	42
2. Requerimientos Técnicos	44
3. Requerimientos de Seguridad	46
4. Requerimientos de Calidad	46
5. Conclusiones	48
6. Referencias bibliográficas.....	50
7. Anexos	51

Lista de Tablas

Tabla 1	26
Tabla 2	27
Tabla 3	33
Tabla 4	33
Tabla 5	34
Tabla 6	36
Tabla 7	36
Tabla 8	37
Tabla 9	38
Tabla 10	39

Lista de Figuras

Ilustración 1.	12
Ilustración 2.	12
Ilustración 3.	13
Ilustración 4.	14
Ilustración 5.	14
Ilustración 6.	15
Ilustración 7.	15
Ilustración 8.	16
Ilustración 9.	17
Ilustración 10.	18
Ilustración 11.	19
Ilustración 12.	20
Ilustración 13.	20
Ilustración 14.	22
Ilustración 15.	22
Ilustración 16.	23
Ilustración 17.	24
Ilustración 18.	24
Ilustración 19.	25
Ilustración 20.	25
Ilustración 21.	29
Ilustración 22.	29
Ilustración 23.	29
Ilustración 24.	30
Ilustración 25.	32
Ilustración 26.	32
Ilustración 27.	41

Resumen

El proyecto de prácticas se centró en el diseño e implementación de un sistema de acoplamiento para mejorar la alimentación y recepción de láminas de hojalata en la línea de producción de envases metálicos de Prodenvases S.A.S. Esta empresa, especializada en la fabricación de envases de metal y plástico, enfrentaba desafíos significativos en su proceso de alimentación de lámina cortada debido a la necesidad de reemplazar estibas vacías, lo cual interrumpía la continuidad operativa y reducía la productividad.

El objetivo principal del proyecto fue diseñar e integrar un sistema que permitiera una alimentación continua y eficiente mediante un alimentador infinito y un recibidor doble. Este nuevo sistema redujo significativamente los tiempos muertos, mejoró la eficiencia y aumentó la capacidad de producción de la línea de barnizado y secado. Durante la práctica académica, se llevaron a cabo varias fases que abarcaron desde la planificación, análisis y diseño de los procesos actuales hasta la implementación y validación del sistema, la propuesta de especificaciones técnicas, y la elaboración de planos y diagramas del sistema. El presupuesto del proyecto estuvo compuesto únicamente por el salario del practicante de mantenimiento, estimado en \$12.000.000 para todo el periodo de prácticas.

El proyecto logró una significativa reducción en los tiempos muertos de la línea de barnizado, lo que mejoró la continuidad operativa y aumentó la productividad. La implementación del alimentador infinito y el recibidor doble optimizó el flujo de trabajo, reduciendo la necesidad de intervención manual y disminuyendo el riesgo de errores, lo que también resultó en una mayor calidad del producto final. Además, el aumento en la eficiencia operativa permitió a Prodenvases S.A.S. satisfacer la creciente demanda del mercado de manera más efectiva, mejorando su capacidad de producción y, en consecuencia, sus utilidades. Este avance no solo resolvió los problemas operativos existentes, sino que también fortaleció la competitividad de la empresa en el sector de envases metálicos, asegurando su crecimiento y sostenibilidad futura.

Palabras clave: Fabricación de envases metálicos – Optimización de procesos – Alimentador infinito – Recibidor doble – Lámina de hojalata – Prensas litográficas – Mantenimiento industrial

Abstract

The internship project focused on designing and implementing a coupling system to optimize the feeding and receiving of tinfoil sheets in Prodenvases S.A.S.'s metal packaging production line. This company, specializing in the manufacture of metal and plastic containers, faced significant challenges in its sheet feeding process due to the need to replace empty stacks, which disrupted operational continuity and reduced productivity.

The main goal of the project was to design and integrate a system that enabled continuous and efficient feeding through an endless feeder and a double receiver. This new system significantly reduced downtime, improved efficiency, and increased the production capacity of the coating and drying line. Throughout the academic internship, several phases were carried out, from planning, analysis, and design of the current processes to the implementation and validation of the system, including the proposal of technical specifications and the development of system plans and diagrams. The project budget consisted solely of the maintenance intern's salary, estimated at \$12,000,000 for the entire internship period.

The project achieved a significant reduction in downtime on the coating line, improving operational continuity and increasing productivity. The implementation of the endless feeder and double receiver optimized workflow, reducing the need for manual intervention and minimizing the risk of errors, resulting in higher product quality. Additionally, the increased operational efficiency enabled Prodenvases S.A.S. to meet the growing market demand more effectively, improving production capacity and, consequently, its profitability. This advance not only resolved existing operational issues but also strengthened the company's competitiveness in the metal packaging sector, ensuring its future growth and sustainability.

Keywords: Metal packaging manufacturing – Process optimization – Infinite feeder – Double receiver – Tinfoil sheet – Lithographic presses – Industrial maintenance – Operational efficiency – Reduction of downtime – Production flow – Production flow

Introducción

La empresa PRODENVASES S.A.S. se especializa en el desarrollo y fabricación de varios tipos de envases metálicos y plásticos. Específicamente, en el área de fabricación de envases metálicos, se deben realizar una serie de procesos que garanticen envases seguros y correctamente ensamblados, para producir cada envase. Estos procesos comienzan con el suministro de lámina cortada, que luego es barnizada y secada antes de ser trasladada a las prensas y líneas de ensamblaje. En estas líneas, la lámina barnizada se convierte en cada pieza del envase a producir (tapa, cuerpo y/o fondo) mediante procesos como cizalla, soldadura, resanado y troquelado.

Actualmente, en PRODENVASES S.A.S., la alimentación de lámina cortada se realiza mediante estibas, se acomodan las láminas en pila, suministrando una nueva estiba cada vez que termina la cantidad de láminas en la estiba anterior y se remueve. Este método se utiliza en la línea barnizadora MAILANDER y resulta útil cuando hay pocas unidades a fabricar, pero se queda corto en alta demanda de producción, lo que requiere mantener su operatividad el mayor tiempo posible. Sin embargo, la necesidad de detener la operación para cambiar estibas cada cierto tiempo (alrededor de 5-6 minutos) genera interrupciones que disminuyen significativamente la productividad.

Con el fin de abordar esta problemática, se opta por diseñar un nuevo sistema de acoplamiento para la entrada de la prensa barnizadora que permita la integración eficiente del alimentador infinito. A su vez, se diseñará una mesa de salida para el horno que permita mejorar la recepción de láminas barnizadas y secas al apilador doble. Este proyecto no solo reduciría los tiempos de alimentación de lámina cortada de cinco minutos a intervalos de 50-60 segundos, lo que equivale a un ahorro de 42 minutos por jornada, sino que también permitiría aumentar la cantidad de envases fabricados, mejorando la productividad y, a largo plazo, las utilidades de la empresa.

1. Planteamiento del Problema

En la industria de fabricación de envases metálicos y plásticos, la eficiencia operativa y la continuidad en los procesos de producción son esenciales para mantener una alta productividad y satisfacer las demandas del mercado. En la línea de barnizado de PRODENVASES S.A.S., se enfrenta un desafío significativo en la alimentación continua de láminas de hojalata debido al método actual de uso de estibas. Este método requiere la interrupción constante de la operación para reemplazar estibas vacías por llenas, generando tiempos muertos prolongados y reduciendo la eficiencia operativa.

El proceso actual implica detener la línea de barnizado cada cinco minutos aproximadamente para realizar el cambio de estibas, lo que afecta negativamente la productividad y la capacidad de producción de la empresa. Esta situación es particularmente crítica cuando la demanda de producción es alta, ya que la frecuencia de los paros incrementa los tiempos muertos y disminuye la eficiencia general de la línea.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar un sistema de acoplamiento que permita una alimentación continua y eficiente mediante un alimentador infinito en la entrada de la prensa litográfica y un recibidor doble en la salida del horno. Con este nuevo sistema se pretende reducir significativamente los tiempos muertos, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la capacidad de producción de la línea de barnizado.

A través de la revisión y análisis de los procesos actuales, la propuesta de especificaciones técnicas y la elaboración de planos y diagramas del sistema, se busca no solo mejorar el flujo de producción, sino también aumentar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta de PRODENVASES S.A.S. ante las demandas del mercado. El proyecto se hará en varias fases, abarcando desde la planificación y diseño hasta la implementación y validación del sistema, con un presupuesto que incluye el salario del practicante de mantenimiento, estimado en \$12.000.000 para el periodo de prácticas.

2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de acoplamiento para integrar un alimentador infinito a la entrada de prensa litográfica y un recibidor doble a la salida de horno, de tal manera que se mejoren los procesos de suministro y salida de láminas de hojalata, lo que permitiría implementar la continuidad operativa y aumentar la productividad.

Objetivos específicos

- Hacer planos de diseño y fabricación para el sistema de acoplamiento del alimentador infinito y el recibidor doble y comparar los tiempos de operación actuales con los proyectados con el diseño del alimentador.
- Diseñar un mecanismo que permita integrar el alimentador infinito, asegurando la alimentación continua de lámina cortada de hojalata.
- Evaluar el aumento en la cantidad de envases proyectados y calcular el aumento en la productividad y utilidad de la máquina barnizadora.

3. Estado del Arte

3.1. Historia y evolución de la producción y fabricación de envases de hojalata.

La producción de envases metálicos ha evolucionado considerablemente desde sus inicios. Originalmente, estos envases se fabricaban manualmente, lo que limitaba la producción y aumentaba los costos. Con la llegada de la Revolución Industrial y el desarrollo de maquinaria avanzada, la producción se automatizó, permitiendo la fabricación en masa de envases metálicos con mayor eficiencia y menores costos. Este desarrollo ha sido crucial para la industria alimentaria, que depende de envases duraderos y seguros para la conservación de productos.

3.2. Mecanismos comerciales y artículos relacionados

Para abordar las deficiencias en la alimentación y salida de láminas de hojalata en la línea de barnizado de Prodevases S.A.S., se consideró esencial integrar tecnologías avanzadas y mecanismos comerciales que pudieran optimizar el proceso. Con este objetivo, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de proveedores y de industrias relacionadas, identificando tecnologías y maquinarias que no solo pudieran utilizarse directamente, sino que también sirvieran como referencia para diseñar un sistema mejorado de alimentación y recepción de láminas. El propósito principal fue reducir los tiempos de cambio de bulto y minimizar los problemas de atranques en la entrada y salida de la barnizadora.

Durante el desarrollo del proyecto, la empresa decidió adquirir equipos cuya mantenibilidad y operación superaran a los sistemas actuales, para mejorar las condiciones de operatividad de la línea y reducir los tiempos muertos causados por los atranques y los cambios de estibas. En este contexto, se analizaron diversos mecanismos de alimentación continua y sistemas de acoplamiento empleados en la industria del envasado metálico. Además, se revisaron patentes recientes que presentan innovaciones en la automatización de líneas de producción de envases, así como artículos científicos que discuten mejoras en la eficiencia operativa de líneas de barnizado. Estas referencias proporcionan una base sólida para el desarrollo del nuevo sistema, asegurando que la solución diseñada no solo cumpla con los requisitos actuales de la empresa, sino que también esté alineada con las mejores prácticas y tecnologías de vanguardia en el sector.

A continuación, se detallan algunas de las principales referencias comerciales y artículos relacionados que han sido considerados para este proyecto:

- **Bosch Rexroth:** Ofrece sistemas de alimentación continua diseñados para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos muertos en las líneas de producción. Estas soluciones incluyen sistemas de transporte automatizados, actuadores y controladores que aseguran una operación continua y sin interrupciones, vital para mantener el flujo de trabajo constante en la línea de barnizado (Bosch Rexroth, s.f.).

Ilustración 1.

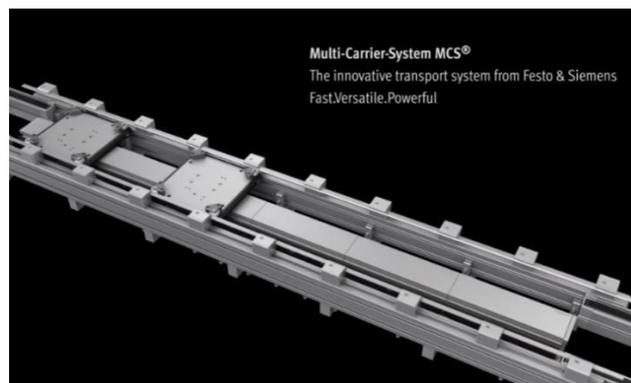
Sistema de alimentación continua Bosch Rexroth.



- **Festo:** Proporciona una gama de componentes y sistemas de automatización industrial que pueden ser adaptados para optimizar la eficiencia operativa de líneas de barnizado. Las soluciones de Festo, que incluyen alimentadores y sistemas de transporte automatizados, diseñados para minimizar los tiempos de inactividad y aumentar la productividad al garantizar un suministro constante de láminas de hojalata a las prensas litográficas y las líneas de barnizado (Festo, s.f.).

Ilustración 2.

Sistema de transporte tecnologías Festo.



- **ATS Automation:** Se especializa en la automatización de procesos industriales mediante la integración de tecnologías avanzadas como la robótica y la inteligencia artificial. Sus sistemas de alimentación continua están diseñados para reducir los tiempos de cambio y maximizar la producción continua, ofreciendo una solución robusta y eficiente. (ATS Automation, s.f.).

Ilustración 3.

Transporte automatizado de procesos industriales ATS Automation



- **CUBLiFT:** Ofrece stackers diseñados no solo para ser fáciles de usar, sino también para ofrecer un alto rendimiento en condiciones operativas diversas. La empresa se enfoca en la durabilidad de sus productos, utilizando materiales de alta calidad que permiten que sus stackers soporten un uso intensivo en entornos industriales. Además, la alta maniobrabilidad de estos equipos facilita su integración en procesos de producción donde el espacio es limitado o donde se requieren movimientos precisos para manejar láminas de hojalata sin comprometer la calidad del material, los stackers de CUBLiFT son altamente personalizables, lo que permite su adaptación a diferentes configuraciones de producción. Su diseño modular facilita la integración en líneas existentes, y la robustez de los materiales asegura una larga vida útil del equipo incluso en entornos operativos exigentes. (CUBLiFT, s.f.).

Ilustración 4.

Stackers personalizados ofrecidos por Cublift.



- **Littell:** La línea *Scroll Sheeting System* de Littell es particularmente adecuada para manejar materiales como hojalata y aluminio gracias a su capacidad de procesamiento de alto volumen. Los stackers de tres estaciones incluidos en este sistema no solo permiten una clasificación eficiente de las láminas, sino que también están equipados con tecnologías avanzadas de inspección, como sistemas visuales y detectores de agujeros. Estas características son esenciales para asegurar que solo las láminas de la más alta calidad continúen en el proceso, reduciendo el desperdicio y aumentando la eficiencia general de la línea de barnizado. (Littell, s.f.).

Ilustración 5.

Stackers ofertados por Littell.



- **MABEG:** MABEG Systems GmbH ofrece *feeders* y *stackers* de alta calidad y se encarga de acoplar estos equipos según las condiciones de carga, espacio y producción, como los modelos MST 2 y MST 3, están diseñados para ofrecer una alta precisión en la manipulación de láminas de diferentes tamaños. Estos equipos son

altamente configurables, lo que permite a los usuarios ajustar los parámetros de operación según las necesidades específicas de la producción. MABEG se especializa en la integración de sus sistemas en líneas de producción existentes, lo que puede incluir modificaciones personalizadas para optimizar la eficiencia y reducir los tiempos de inactividad en la fabricación de envases de hojalata. (MABEG Systems GmbH, s.f.).

Ilustración 6.

Recibidor de lámina de hojalata MABEG.



Nota. Tomado de Mabeg Systems. (n.d.). *Sheet Stacker*. Mabeg Systems. Retrieved July 11, 2024, from https://www.mabegsystems.com/en/products/mabeg/sheet_feeder/

Ilustración 7

Alimentador de lámina de hojalata MABEG.



Nota. Tomado de Mabeg Systems. (n.d.). *Sheet Feeder*. Mabeg Systems. Retrieved July 11, 2024, from https://www.mabegsystems.com/en/products/mabeg/sheet_feeder/

- **KBA-MetalPrint:** Es una empresa de renombre mundial, reconocida por sus soluciones de impresión de alta calidad para el envasado metálico. Con una historia que se remonta a más de un siglo, KBA-MetalPrint ha sido pionera en el desarrollo de tecnologías innovadoras que han transformado la industria del envasado. Sus prensas litográficas avanzadas son altamente valoradas por su capacidad para garantizar precisión y eficiencia en la producción, donde la calidad de impresión es fundamental.

Las prensas de KBA-MetalPrint están diseñadas para ofrecer un control excepcional sobre el proceso de impresión, permitiendo ajustes precisos que resultan en una reproducción de colores y detalles de alta fidelidad. Esta precisión no solo mejora la estética del producto final, sino que también reduce el desperdicio de material y el tiempo de configuración, lo que se traduce en una operación más eficiente y rentable. Además, estas prensas están equipadas con tecnologías de transporte, secado rápido y automatización avanzada, que aceleran el proceso de producción sin comprometer la calidad.

La capacidad de KBA-MetalPrint para integrar sus prensas en líneas de producción complejas, junto con su enfoque en la sostenibilidad a través de la reducción del consumo de energía y la minimización de residuos, ha hecho que la empresa sea una opción para los fabricantes de envases que buscan mantener altos estándares de calidad mientras optimizan sus operaciones. (SteelConnect, s.f.; WhatTheyThink, s.f.).

Ilustración 8

Recibidor modular por KBA.



Nota. Koenig & Bauer MetalPrint. (s.f.). *Modular stacker* [Fotografía]. Tomado de <https://metalprint.koenig-bauer.com/en/products/3-piece-decorating/sheet-handling/modular-stacker/>

- **FLJX:** Entre los proveedores evaluados, se destacó FLJX (Fulin Machinery), una empresa con más de 30 años de experiencia en la fabricación de equipos especializados para el manejo y procesamiento de láminas metálicas, incluyendo hojalata. FLJX se ha posicionado como un líder en la industria debido a su enfoque en la innovación tecnológica y la calidad de sus productos. La empresa ofrece una amplia gama de soluciones que abordan los desafíos clave en la producción moderna, como la eficiencia, la reducción de costos operativos y la minimización de tiempos de inactividad. Sus soluciones de stackers y alimentadores son reconocidas globalmente por su capacidad para mejorar la eficiencia y continuidad operativa en líneas de producción.

Los stackers de FLJX están diseñados para apilar láminas de manera precisa y eficiente, lo que no solo optimiza el espacio de almacenamiento, sino que también garantiza un manejo seguro y rápido del material, minimizando los tiempos de inactividad y reduciendo el riesgo de daños en las láminas. Además, estos stackers incorporan tecnologías avanzadas que permiten ajustes automáticos y monitoreo en tiempo real, lo que mejora aún más la productividad y la calidad del proceso.

Ilustración 9.

Apiladores individuales y múltiples ofertados por FLJX.



Por otro lado, sus alimentadores están diseñados para asegurar un flujo continuo y sin interrupciones en las líneas de producción. Estos equipos destacan por su capacidad de manejar grandes volúmenes de material con precisión, reduciendo significativamente el tiempo requerido para los cambios de estiba y el riesgo de atascos. La integración de sensores inteligentes y sistemas de control automatizados en los alimentadores de FLJX permite una

mayor sincronización con otros equipos de la línea, lo que se traduce en una operación más fluida y eficiente.

Estas características fueron clave para que Prodevases S.A.S. seleccionara los equipos de FLJX como la mejor opción para optimizar su línea de barnizado. La implementación de estos equipos no solo permitió mejorar la productividad, sino también garantizar una mayor calidad en el producto final, reduciendo defectos y aumentando la satisfacción del cliente. La decisión de adoptar las soluciones de FLJX demuestra un compromiso con la excelencia operativa y la competitividad en el mercado de envases metálicos.

Ilustración 10.

Alimentador Infinito customizado de FLJX.



Luego de revisar las tecnologías y equipos actuales ofrecidos por diversas empresas para la manipulación eficiente de láminas de hojalata en líneas de producción y barnizado, es crucial explorar las técnicas y soluciones empleadas por la industria para abordar los desafíos comunes relacionados con la alimentación y recepción de láminas como de envases metálicos.

En líneas de producción de alta velocidad, los problemas de alimentación y recibimiento, como los atascos o las interrupciones en el flujo de materiales, pueden generar costosos tiempos de inactividad y afectar la calidad del producto final. Para mitigar estos problemas, las empresas han desarrollado y aplicado una serie de técnicas avanzadas que optimizan estos procesos y aseguran un funcionamiento ininterrumpido. Estas técnicas incluyen la implementación de sistemas de alimentación continua automatizados, la utilización de sensores y sistemas de control para monitorear y ajustar en tiempo real el flujo de materiales, y la adopción de tecnologías de apilado con manejo suave para evitar daños en los envases.

En la fabricación de tanques de combustible de aluminio, se utiliza una línea de proceso que consta de varias estaciones de trabajo. Cada estación tiene diferentes tiempos de manufactura, lo que causa retrasos y tiempos muertos. El transporte entre estaciones se realiza sobre un riel discontinuo, donde el operario debe jalar y cargar el tanque para colocarlo en la siguiente sección del riel (similar a la situación actual de Prodevases S.A.S.). Este método incrementa el tiempo de producción y ocasiona daños físicos al tanque debido al arrastre (SAG - MECASA, 2024).

Ilustración 12

Estructura metálica de riel con acoplamiento mecánico para transporte de tanques.



Nota. Instituto Politécnico Nacional. (2012). Transporte de riel para transporte de tanques. En Diseño y construcción de una banda transportadora semiautomática para tanques de combustible en la empresa SAG - MECASA (p. 35). Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10563/100.pdf?sequence=1>

Un análisis de balance de línea reveló que para aumentar la producción es necesario reducir los tiempos de transporte, reubicar las estaciones y eliminar una estación de trabajo. Para ello, se diseñó una banda transportadora semiautomática para el proceso de fabricación de tanques en la empresa SAG - MECASA. Este sistema cuenta con motores, un PLC con sensores, estaciones de botones y un sistema neumático que posiciona el tanque adecuadamente en cada estación de trabajo (SAG - MECASA, 2024).

Ilustración 13

Diseño de la banda transportadora semiautomática.



Nota. Instituto Politécnico Nacional. (2012). Diagrama de la banda transportadora semiautomática. En *Diseño y construcción de una banda transportadora semiautomática para tanques de combustible en la empresa SAG - MECASA* (p. 35). Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10563/100.pdf?sequence=1>

La implementación de la banda transportadora disminuirá los tiempos de transporte entre estaciones, eliminando movimientos innecesarios y aumentando la eficiencia en cada estación. Además, reducirá el maltrato del tanque causado por el manejo inapropiado en el riel, previniendo accidentes durante el transporte y, en consecuencia, incrementando la producción de tanques (SAG - MECASA, 2024).

El análisis detallado de las referencias comerciales, estudios técnicos y patentes relevantes ha permitido construir una base sólida para el diseño de un sistema de acoplamiento optimizado en la línea de barnizado de Prodenvases S.A.S. La integración de tecnologías avanzadas, como las ofrecidas por empresas líderes en el sector como Bosch Rexroth, Festo, ATS Automation y FLJX, ha sido clave para abordar los desafíos específicos de la alimentación y recepción de láminas de hojalata.

La incorporación de sistemas de alimentación continua y stackers automatizados no solo promete reducir significativamente los tiempos de cambio de estibas y los atascos en la línea de barnizado, sino que también asegura una operación más fluida, eficiente y con menor riesgo de defectos en el producto final. Las soluciones de FLJX, en particular, han sido seleccionadas por su capacidad para mejorar la productividad y la calidad en la operación, lo que demuestra un claro compromiso con la excelencia operativa y la competitividad de la empresa en el mercado de envases metálicos.

4. PLANIFICACIÓN Y ANÁLISIS

4.1. Procesos de fabricación actuales en PRODENVASES S.A.S.

En PRODENVASES S.A.S., la fabricación de envases metálicos sigue una serie de pasos bien definidos, diseñados para garantizar la calidad y eficiencia en la producción. A continuación, se describen detalladamente cada uno de estos pasos:

- **Suministro de Lámina Cortada a Medida**

El proceso de fabricación comienza con el suministro de lámina de hojalata cortada a medida. La hojalata llega en grandes bobinas, que son desenrolladas y cortadas a las dimensiones específicas requeridas para cada tipo de envase.

Ilustración 14

Suministro de lámina de hojalata en bobinas.



Este corte se realiza utilizando equipos de cizalla de alta precisión, asegurando que cada pieza de lámina cumpla con las tolerancias de tamaño necesarias para los procesos posteriores. Sin embargo, la calidad de la hojalata es crucial, ya que afecta directamente la durabilidad y el rendimiento del envase final.

Ilustración 15

Línea de corte de bobinas de hojalata.



- **Barnizado y Secado**

Una vez cortadas, las láminas pasan al proceso de barnizado. Este paso es esencial para proteger el metal de la corrosión y asegurar la seguridad del contenido que se almacenará en los envases. El barniz utilizado debe ser compatible con los productos a envasar y cumplir con las normativas sanitarias.

- Aplicación del Barniz: El barniz se aplica mediante rodillos en una máquina barnizadora. La uniformidad en la aplicación es crucial para garantizar una capa protectora consistente.

Ilustración 16

Línea de barnizado MAILANDER. Aplicación de barniz a láminas de hojalata.



- Secado en Horno: Después del barnizado, las láminas se trasladan a hornos especializados para el secado. Estos hornos operan a temperaturas controladas que permiten la rápida evaporación de los solventes y el curado del barniz sin dañar la hojalata.

Ilustración 17

Horno barnizador de hojalata.



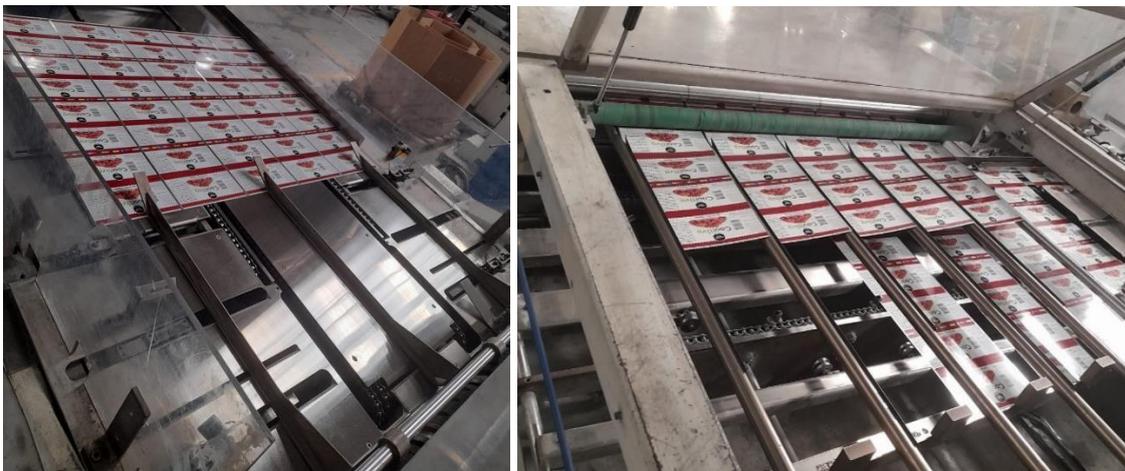
- **Prensado y Ensamblaje**

Las láminas barnizadas se llevan a las líneas de ensamble para ser moldeadas y ensambladas en las diferentes partes del envase: fondo, cuerpo, anillos y tapa. Este proceso incluye varias operaciones críticas:

- **Prensas Litográficas:** Máquinas que combinan la impresión y el moldeado, permitiendo decorar y formar las piezas simultáneamente.
- **Cizalla:** Se utiliza nuevamente para dar forma a las piezas según las especificaciones del diseño.

Ilustración 18

Líneas de cizalla para corte de referencias de envases.



- **Soldadura:** Algunas partes del envase requieren soldadura para asegurar su integridad y hermeticidad. Este proceso puede ser automático o semiautomático, dependiendo del diseño del envase.
- **Resanado:** Consiste en aplicar un sellador en las uniones para garantizar la estanqueidad del envase.

Ilustración 19

Líneas de soldadura para dar forma de cuerpos de envases y aplicador de compuesto.



- **Troquelado:** Se emplea para cortar y formar las piezas con precisión, asegurando que cada parte encaje perfectamente en el ensamblaje final. Cabe resaltar que en la empresa se tienen más de 10 tipos de prensas troqueladoras.

Ilustración 20

Prensa troqueladora Fondo 1/4 Galón.



- **Inspección y Control de Calidad**

El control de calidad es una parte integral del proceso de fabricación, en PRODENVASES S.A.S. cada envase pasa por rigurosas inspecciones para asegurar que cumple con los estándares requeridos, garantizando así la seguridad y funcionalidad de los productos. El proceso de control de calidad incluye inspecciones visuales y automatizadas y pruebas específicas detalladas a continuación.

- **Inspección Visual:** Los operarios revisan cada envase para detectar defectos visibles como rayaduras, abolladuras o inconsistencias en el barniz. Esta inspección manual es crucial para identificar problemas superficiales que podrían afectar la apariencia y la calidad del envase.
- **Pruebas Automatizadas:** Se utilizan equipos de inspección automatizados para verificar dimensiones, resistencia y hermeticidad. Estas pruebas aseguran que cada envase pueda proteger su contenido de manera efectiva, manteniendo las propiedades de los productos envasados.
- **Equipos de Prueba o Testeo:** PRODENVASES S.A.S. cuenta con máquinas que realizan diversas pruebas de presión, sellado, vacío y resistencia. Estas pruebas son esenciales para asegurar que los envases cumplan con los requisitos de calidad, funcionalidad y una serie de pruebas específicas para los recubrimientos interiores y exteriores de los envases, así como pruebas sobre las láminas y los envases en sí. Estas pruebas se detallan a continuación:

Tabla 1

Pruebas de funcionalidad y calidad para recubrimientos interiores.

<i>Pruebas de recubrimiento interior</i>	
	Dureza Sheen
	Dureza lápiz
	Peso de película
	MEK
	Adherencia
Pruebas sobre láminas	Embutición+Procesado+Adherencia
	Embutición+Sulfato de Cobre
	Embutición+Adherencia
	Flexibilidad+Electrólisis
	Flexibilidad+Sulfato
	Flexibilidad+Procesado+Adherencia
	Flexibilidad+Adherencia
	Electrólisis
Pruebas sobre envases	Simulante salmuera 1%
	Simulante vapor
	Simulante agua
	Simulante cisteína
	Electrólisis

Tabla 2*Pruebas de funcionalidad y calidad para recubrimientos exteriores.*

<i>Pruebas de recubrimiento exterior</i>	
Pruebas sobre láminas	Dureza Sheen
	Dureza lápiz
	Peso de película
	MEK
	Adherencia
	Embutición+Procesado+Adherencia
	Embutición+Sulfato de Cobre
	Embutición+Adherencia
Pruebas sobre envases	Flexibilidad+Sulfato
	Flexibilidad+Procesado+Adherencia
	Flexibilidad+Adherencia
	Simulante salmuera 1%
	Simulante vapor
	Simulante agua
Resistencia del fondo a fricción	

En cada proceso surge la necesidad de mantener la organización y mejorar los tiempos de producción de envases enlatados, para ello, la empresa ha adoptado técnicas de optimización para mejorar las condiciones de cada línea.

4.2. Optimización de Procesos Industriales

La optimización de procesos industriales es crucial para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la competitividad. En el contexto de la fabricación de envases metálicos en PRODENVASES S.A.S., la aplicación de diversas teorías y modelos de optimización puede conducir a mejoras significativas en los flujos de trabajo y en la calidad del producto final. A continuación, se muestran las teorías y modelos adoptados por la empresa, más relevantes y su respectiva aplicación en la producción de envases metálicos.

- **Just-In-Time (JIT)**

El Just-In-Time (JIT) es una metodología de gestión de inventarios y producción desarrollada por Toyota. Su objetivo es minimizar el inventario y los tiempos de producción al suministrar los materiales justo cuando se necesitan. Para el caso de estudio, la aplicación de esta metodología en la producción de envases metálicos podría significar recibir la hojalata cortada justo antes de que sea necesario en el proceso de producción. Esto reduciría el espacio de almacenamiento requerido y los costos asociados.

- **Flujo Continuo de Producción**

Hay que asegurar que las láminas de hojalata se suministren de manera continua y sincronizada con las necesidades de las prensas litográficas y las líneas de barnizado. Esto evitaría paradas y atranques constantes, mejorando la eficiencia operativa.

- **Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)**

La manufactura esbelta se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos. Utiliza herramientas, como el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), para identificar y eliminar ineficiencias que, para fabricar envases metálicos, se pueden usar VSM para mapear todos los procesos en la producción de envases metálicos, desde la recepción de materia prima hasta el producto final. Esto ayudaría a identificar actividades que no añaden valor y que pueden ser eliminadas o mejoradas.

En cada proceso de producción, mantener la organización y la constante optimización de los recursos es crucial para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la productividad. En este contexto, se han aplicado diversas teorías y modelos de optimización como Just-in-Time, flujo continuo de producción y lean manufacturing.

Con base en los modelos y teorías de optimización de procesos industriales aplicados en PRODENVASES S.A.S., y según los objetivos planteados, se implementarán mejoras en el proceso de alimentación de lámina de hojalata a la línea de barnizado y en la salida del horno.

La aplicación de las teorías de optimización utilizadas en la empresa como Just-In-Time, flujo continuo de producción y manufactura esbelta permitieron eliminar desperdicios, mejorar la sincronización de procesos, mantener en vanguardia a la empresa y fue de utilidad para definir el alcance de los objetivos propuestos en el proyecto.

4.3. Situación presente

Actualmente, las condiciones de alimentación y salida de lámina de hojalata son deficientes respecto a la demanda de envases a producir, lo que hace necesario reacondicionar los espacios de la línea. La principal problemática que enfrenta PRODENVASES S.A.S. en su línea de barnizado es la falta de continuidad operativa debido al método manual de alimentación y recepción de láminas de hojalata. Esta situación se agrava por la creciente demanda de envases metálicos, lo que exige una producción más eficiente y sostenida.

Para abordar esta problemática, se ha decidido internamente en la empresa implementar dos nuevos equipos en operación: un alimentador infinito y un receptor doble.

Estos equipos están diseñados para mejorar las condiciones de operación y reducir los tiempos muertos de operación, asociados principalmente a los cambios de referencias y ajustes y atranques del apilador.

Ilustración 21

Localización del alimentador infinito y el recibidor doble en la línea de barnizado.

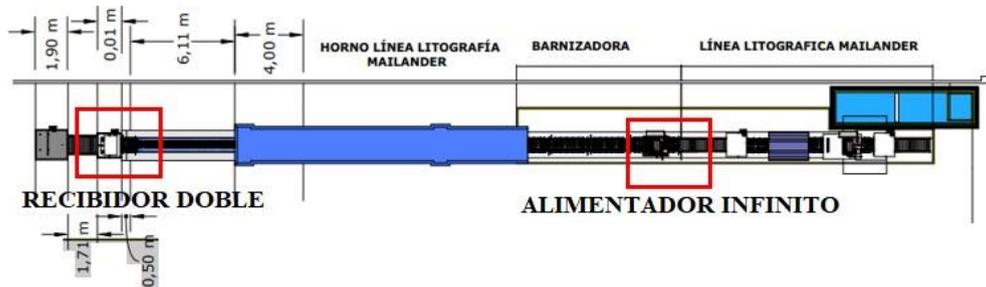
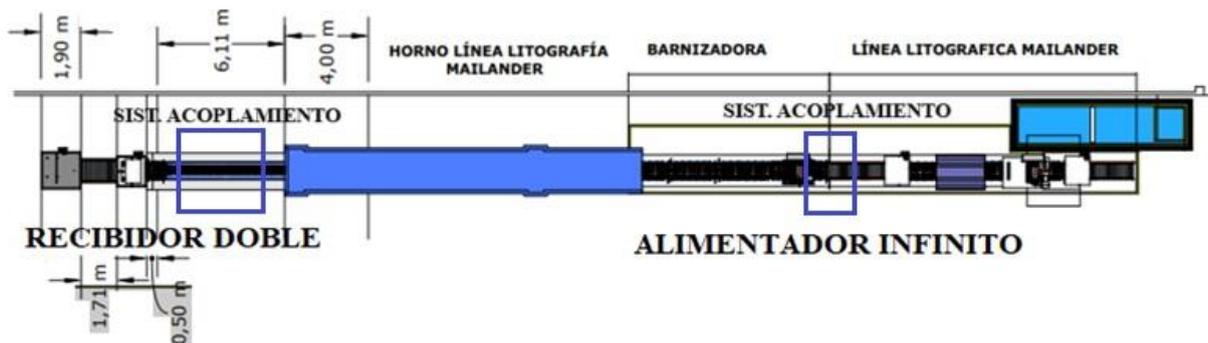


Ilustración 22

Localización sistemas de acoplamiento.



La entrada de la línea tiene una estructura de rodillos anclados al piso, que sirve solo para transportar estibas de lámina de hojalata al ingreso de la barnizadora. No hay sistemas instalados para facilitar la alimentación automática, por lo que se deben colocar estibas con ayuda de un montacargas y empujarlas manualmente hasta la zona de ingreso de la barnizadora.

Ilustración 23

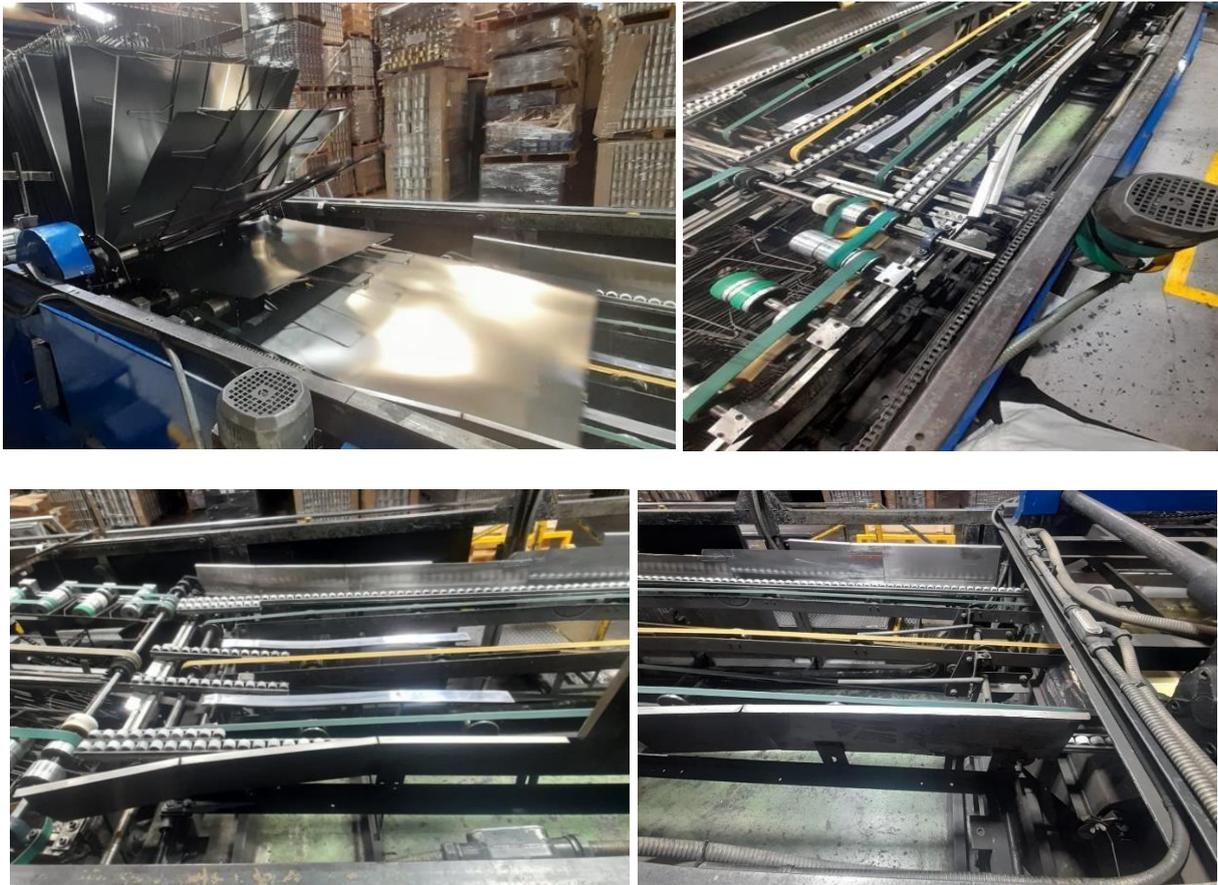
Estructura de ingreso a línea de barnizado actual en PRODENVASES S.A.S.



Este sistema es ineficiente y obsoleto, afectando los tiempos de capacidad de producción de la empresa. Según los registros de la empresa, estos tiempos de paro se clasifican como "Cambios de bulto de lámina," representando pérdidas monetarias significativas. Se debe detener la producción para cambiar la estiba de láminas. Esto requiere la intervención de un operario para acomodar manualmente la estiba en la entrada de la línea, lo que genera tiempos muertos de operación (alrededor de 5 a 7min por cambio). La implementación del alimentador infinito permitirá una alimentación continua y automatizada de láminas, eliminando la necesidad de cambios manuales y reduciendo significativamente los tiempos de paro. Caso similar sucede a la salida del horno barnizador, se deben detener las operaciones cada vez que se presentan cambios de estibas o, adicionalmente, problemas de atresque de lámina con el sistema de salida del horno. Estos problemas son causados por desalineamientos y desajustes en la estructura del puente de salida como desgaste del mecanismo de transmisión. El sistema de salida consta de un transporte de parrillas donde cada lámina se ubica por separado, las láminas caen sobre un sistema de transporte acoplado, que incluye un sistema de transmisión de potencia por bandas y poleas.

Ilustración 24

Sistema de acoplamiento de salida actual de la línea de barnizado.



Este sistema está deteriorado por su edad y desgaste, además de no estar correctamente apoyado. Constantemente se presentan atranques de láminas y paros ocasionados por ajustes necesarios en el apilador actual, que solo permite acumular una estiba de láminas a la vez. Cada vez que se llena, un operario debe detener la línea para remover la estiba llena y acomodar una nueva, generando tiempos de paro y reduciendo la disponibilidad operativa.

Con el fin de solucionar estas problemáticas, se ha decidido implementar nuevos sistemas de entrada y salida en la línea de barnizado. El acoplamiento de estos nuevos equipos y la optimización de los procesos asociados tendrán un impacto significativo en la operación de la línea de barnizado, mejorando la eficiencia y aumentando la capacidad de producción.

Para la implementación de estos equipos, fue necesario diseñar sistemas de acoplamiento específicos: uno para reacondicionar y unificar la salida del horno con el stacker doble, y otro para acoplar el alimentador infinito con la prensa litográfica.

La implementación del alimentador infinito automatiza la alimentación de láminas, elimina la necesidad de cambios manuales de estibas y reduce los tiempos muertos de

operación y ajuste, a su vez, reduce significativamente los atranques recurrentes. El recibidor doble permite una recepción continua y eficiente de las láminas barnizadas, eliminando los atranques y reduciendo los tiempos de paro por ajustes debido a que permite almacenar doble cantidad de estibas al tiempo facilitando que las estibas sean transportadas de una línea a otra sin detener la producción.

Ilustración 25

Alimentador Infinito para la línea de barnizado.



Ilustración 26

Stacker doble para la línea de barnizado.



4.4. Recolección de datos

De acuerdo con las actividades y objetivos planteados para evaluar el aumento en la cantidad de envases proyectados y calcular el incremento en la productividad y utilidad de la máquina barnizadora, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la documentación e históricos de la empresa. Este análisis se centró en la disponibilidad operativa de la línea de barnizado MAILANDER durante el año 2023. Se investigó el número de estibas de láminas procesadas por turno y se cuantificaron los tiempos muertos generados durante la operación, específicamente aquellos ocasionados por los paros en la alimentación cada vez que se requiere posicionar una nueva estiba de láminas en proceso.

A continuación, se registran los tiempos de disponibilidad de la línea de barnizado en el año 2023, así como los tiempos registrados durante los cambios de láminas. En total, se documentaron 5340 cambios de estibas a lo largo del año, con un tiempo promedio de 6.448 minutos por cada cambio.

Tabla 3

Tiempos registrados de disponibilidad en el año 2023.

TIEMPO DE DISPONIBILIDAD LÍNEA DE BARNIZADO 2023			
	Tiempo Operativo	Tiempo Disponible	Disponibilidad [%]
Enero	8892,079	24059,88	36,96%
Febrero	12265,389	21959,826	55,85%
Marzo	12118,471	13135,913	92,25%
Abril	10692,867	20549,697	52,03%
Mayo	9719,282	11935,452	81,43%
Junio	9302,393	12453,842	74,69%
Julio	7554,453	12596,89	59,97%
Agosto	13489,956	15756,779	85,61%
Septiembre	15417,203	15606,473	98,79%
Octubre	11949,272	16349,476	73,09%
Noviembre	11795,007	13905,665	84,82%
Diciembre	9733,655	12752,207	76,33%
TOTAL 2023	132930,027	191062,1	72,65%

Tabla 4

Tiempos registrados en el año 2023 por cambios de estibas.

TIEMPO UTILIZADO EN CAMBIO DE LÁMINAS 2023			
	Cantidad de cambios de estiba de láminas	Tiempo	Tiempo Promedio
Enero	357	2262,768	6,338
Febrero	547	3627,634	6,632
Marzo	557	3022,421	5,426
Abril	419	2660,716	6,350
Mayo	386	2517,841	6,523
Junio	334	1987,357	5,950
Julio	249	1717,383	6,897
Agosto	527	3339,706	6,337
Septiembre	608	4095,072	6,735
Octubre	484	3282,295	6,782
Noviembre	442	2989,388	6,763
Diciembre	430	2855,409	6,640
TOTAL 2023	5340	34357,99	6,448

Considerando que, en promedio, se realizan 445 cambios de estibas al mes, distribuidos en 3 turnos durante los 22 días hábiles que se dispone al mes para operar la línea

de barnizado, se puede afirmar que se realizan aproximadamente 7 cambios de estibas en cada turno. Teniendo en cuenta esta información y que aproximadamente se usan 7 minutos por cambio, se tiene que:

$$\# \text{ de bultos por turno: } 7 \text{ bulto/turno}$$

$$\text{tiempo por cambio de bulto: } 7 \text{ min/bulto}$$

$$\left(7 \frac{\text{bulto}}{\text{turno}} * 7 \frac{\text{min}}{\text{bulto}}\right) = 49 \frac{\text{min}}{\text{turno}}$$

$$49 \frac{\text{min}}{\text{turno}} * 3 \frac{\text{turno}}{\text{día}} = 147 \frac{\text{min}}{\text{día}} : \text{Tiempo invertido en cambios de estibas por día}$$

$$\left(147 \frac{\text{min}}{\text{día}}\right) * \left(22 \frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) = \left(3234 \frac{\text{min}}{\text{mes}}\right) * \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}\right) = 53.9 \approx 54 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

Teniendo en cuenta que al mes se pierden aproximadamente 54 horas de operación de la línea de barnizado en tiempos muertos por cambios de estibas, para evaluar y justificar la inversión en el alimentador infinito y el receptor doble, junto con sus respectivos sistemas de acoplamiento, se consultó cuánto cuesta a la empresa operar la línea de barnizado con el sistema actual de alimentación y recepción, el cual genera paros continuamente durante la operación de la línea, para compararlo con los tiempos proyectados de alimentación y recepción por cambio de estibas justificando la compra e instalación de equipos con la producción actual y hacer frente a la creciente demanda de producción que se puede sostener con el aumento de productividad proyectado de la línea. Para ello, se consultaron los costos de mano de obra directa (MDO), que incluyen a dos operarios en la línea por turno, y los costos indirectos de fábrica (CIF), como energía, materia prima, reparaciones y mantenimiento, depreciación de la máquina y suministros, todos calculados por minuto de operación, mostrados a continuación:

Tabla 5

Costos relacionados a la operación de la línea de barnizado por minuto de operación.

COSTO DE BARNIZADO	
COMPLEMENTO	COSTO
Energía	\$ 22,05
Materia Prima	\$ 2.774,38
Reparación y MTTO	\$ 172,71
Mano de Obra Directa	\$ 1.301,54
Mano de Obra Indirecta	\$ 249,88
Gas	\$ 262,74
Depreciación de la máquina	\$ 119,43
Suministros	\$ 330,72
Otros	\$ 90,04
Total	\$ 5.323,48

Con el costo total de operación actual por minuto, es posible compararlo con el costo proyectado de la línea con los nuevos sistemas implementados, así:

Diariamente se pierden 147 minutos de operación por cambios de estibas, es decir, se generan tiempos muertos en la línea que representan un costo para la empresa de 782 551.56 \$COP/día. Al reducir los tiempos de paro por cambio de estibas de 7 minutos a 1 minuto, se tiene que:

de bultos por turno: 7 bulto/turno

tiempo por cambio de bulto: 1 min/bulto

$$\left(7 \frac{\text{bulto}}{\text{turno}} * 1 \frac{\text{min}}{\text{bulto}}\right) = 7 \frac{\text{min}}{\text{turno}}$$

$$7 \frac{\text{min}}{\text{turno}} * 3 \frac{\text{turno}}{\text{día}} = 21 \frac{\text{min}}{\text{día}}: \text{Tiempo invertido en cambios de estibas por día}$$

$$\left(21 \frac{\text{min}}{\text{día}}\right) * \left(22 \frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) = \left(462 \frac{\text{min}}{\text{mes}}\right) * \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}\right) = 7.7 \approx 8 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

Esta reducción de tiempos es muy valiosa para la empresa dado que pasar de perder 147 minutos de operatividad de la línea a usar sólo 21 minutos por día se traduce en una disminución aproximada del 85% de los tiempos muertos de operación de la línea de barnizado y reduciría los costos de no producción generados por cambios de estibas de 782 551.56 \$COP/día a 111793.08 \$COP/día lo cual se traduce en un ahorro diario de 670758.48 \$COP/día.

Tabla 6

Ahorro proyectado por implementación de alimentador infinito y receptor doble en costo de tiempos muertos.

	Costo de Tiempos Muertos					
	Tiempo [min]			Utilidad [\$COP]		
	Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
Actual	147	3234	38808	\$ 782.551,56	\$ 17.216.134,32	\$ 206.593.611,84
Proyectado	21	462	5544	\$ 111.793,08	\$ 2.459.447,76	\$ 29.513.373,12
Ahorro	126	2772	33264	\$ 670.758,48	\$ 14.756.686,56	\$ 177.080.238,72

Para evaluar el aumento proyectado en la productividad de la línea, se tiene en cuenta la cantidad de cambios de estibas realizados en el año 2023 y el tiempo que representaría el cambio de estibas en la disponibilidad de la línea en cada mes con los nuevos equipos acoplados, así:

Tabla 7

Tiempos proyectados en cambio de láminas con los nuevos equipos acoplados.

TIEMPO PROYECTADO EN CAMBIO DE LÁMINAS				
	Cantidad de cambios de estiba de láminas	Tiempo Actual [min]	Tiempo Promedio Proyectado [min]	Diferencia de Tiempos [min]
Enero	357	2262,768	357	1905,768
Febrero	547	3627,634	547	3080,634
Marzo	557	3022,421	557	2465,421
Abril	419	2660,716	419	2241,716
Mayo	386	2517,841	386	2131,841
Junio	334	1987,357	334	1653,357
Julio	249	1717,383	249	1468,383
Agosto	527	3339,706	527	2812,706
Septiembre	608	4095,072	608	3487,072
Octubre	484	3282,295	484	2798,295
Noviembre	442	2989,388	442	2547,388
Diciembre	430	2855,409	430	2425,409
TOTAL	5340	34357,99	5340	29017,99

Tabla 8

Tiempos de disponibilidad proyectados con los nuevos equipos acoplados.

TIEMPO DE DISPONIBILIDAD PROYECTADO LÍNEA DE BARNIZADO				
	Tiempo Operativo	Tiempo Operativo Proyectado	Tiempo Disponible	Disponibilidad Proyectada[%]
Enero	8892,079	10797,847	24059,88	44,88%
Febrero	12265,389	15346,023	21959,826	69,88%
Marzo	12118,471	14583,892	13135,913	111,02%
Abril	10692,867	12934,583	20549,697	62,94%
Mayo	9719,282	11851,123	11935,452	99,29%
Junio	9302,393	10955,75	12453,842	87,97%
Julio	7554,453	9022,836	12596,89	71,63%
Agosto	13489,956	16302,662	15756,779	103,46%
Septiembre	15417,203	18904,275	15606,473	121,13%
Octubre	11949,272	14747,567	16349,476	90,20%
Noviembre	11795,007	14342,395	13905,665	103,14%
Diciembre	9733,655	12159,064	12752,207	95,35%
TOTAL	132930,027	161948,017	191062,1	88,41%

Con base a los cálculos realizados, con la instalación de los nuevos equipos se prevé un aumento en la productividad de la línea del 15.76% en promedio. Además, si se tiene en cuenta la creciente demanda de envases a producir y el aumento en la productividad, es posible cuantificar el aumento en la cantidad de envases a producir. Se midieron los tiempos de procesamiento de la línea y se encontró que actualmente en la línea de barnizado se procesan alrededor de 1000 láminas en 17 minutos, esto es, aproximadamente 58.82 láminas barnizadas por minuto. Si se opera la línea en los tiempos recuperados por la implementación de los nuevos equipos, podría hacerse uso de 126 minutos al día en los cuales podría producirse láminas barnizadas.

$$58.82 \frac{\text{láminas}}{\text{min}} * \frac{126 \text{ min}}{\text{día}} = 7411.76 \frac{\text{láminas}}{\text{día}} \approx 7412 \frac{\text{láminas}}{\text{día}}$$

Ahora, dado que en la empresa se fabrican muchos tipos de referencias (más de 50 referencias) de envases enlatados, para evaluar la utilidad que genera el aumento de envases proyectados a producir se escogió un tipo de referencia que, actualmente, es una referencia muy demandada en el mercado, y de las más producidas en planta, correspondiente al Envase Enlatado 1 Galón, el cual, para su manufactura requiere de 4 partes que se han de producir en las distintas áreas de la empresa que son: Fondo, Tapa, Anillo y Cuerpo. De estas partes se requiere barnizar las láminas destinadas a producir los Cuerpos, es decir, al operar la línea

durante los tiempos recuperados por la implementación de los nuevos equipos es posible barnizar hasta 7412 láminas destinadas a producir Cuerpos de referencia Envase 1 Galón.

Teniendo en cuenta que cada lámina barnizada se debe cortar a medida según la referencia a producir, se tiene que para la referencia Envase Galón cada lámina es dividida en 4 cortes para Cuerpos por cada lámina barnizada, de esta manera, con el aumento de productividad proyectado se podría producir hasta 29648 envases adicionales por día ($29\ 648 \frac{\text{envases}}{\text{día}}$) por disponibilidad de la barnizadora, es decir, no sólo aumentaría la capacidad de operación sino, también brinda la posibilidad de sostener una mayor demanda futura, lo cual resulta de utilidad para la empresa a futuro.

Consultando los históricos de la empresa, se encontró que el costo de producción de 1 envase Galón en corte de lámina, litografiado, barnizado, troquelado y ensamblaje es de 1833.99 \$COP. Además, el precio de venta al público por envase de Galón es de 3524.99 \$COP lo cual permite estimar a la empresa una utilidad de hasta 50'134 768 \$COP al día por la venta de 29648 envases enlatados de Galón.

Tabla 9

Utilidad por producción de 1 envase 1 Galón.

Costo de Producción Envase 1 Galón [\$COP]	
\$	1.833,99
Precio de Venta de Envase 1 Galón [\$COP]	
\$	3.524,99
Utilidad por Envase 1 Galón [\$COP]	
\$	1.691

4.5. Retorno de Inversión (ROI)

Se realizaron proyecciones financieras que demostraron que el sistema de acoplamiento contribuiría a una rápida recuperación de la inversión. Esto se logró principalmente a través de la reducción significativa de tiempos de paro y la mejora en la eficiencia operativa de la línea de barnizado.

Para llevar a cabo la instalación de los equipos y acoplarlos a la línea de barnizado, se evaluaron los costos de: la compra de equipos, de diseño, fabricación y la instalación de los sistemas de acoplamiento para garantizar la viabilidad económica del proyecto. Los costos facturados de los equipos a instalar se muestran a continuación:

Tabla 10.

Costo Equipos adquiridos por FLJX.

No.	Product Name	Description	Unit	Quantity	Unit Price [USD]	Total [USD]	Remarks
1	Servo Stacker Model: FL 9003BHZ 	Double Bundle Machine Size: 3640x2016x2420 [mm] Max. Sheet Size: 1200x 1151 [mm] Max. Speed: 100 Sheets/min Power: 50 HZ - 15.2kW	Set	1	56000	56000	PLC/Servo Motor: Simens Types: Magnetic Type
2	Continuous Feeding System 	Customized System for Mailander Feeder	Set	1	26000	26000	PLC: Simens
3	Conveyor Belt	2030*200*2	Pcs	3	38	114	
4	Conveyor Belt	3000*60*1,5	Pcs	8	31	248	
5	Synchronous Belt	30*1096	Pcs	1	16	16	FOR FREE
6	Synchronous Belt (Roller)	30*816	Pcs	2	14	28	
7	Belt Roller	Processing Piece	Pcs	2	12	24	
8	Electromagnet	550*24V	Set	1	314	314	Each machine 8 sets, we offer you 1 set for free
9	Diving, roller	60*1690	Pcs	2	543	1086	
Grand Total				1		83086	
Say Total Amount US Dollar Eighty Six Only							

Para el desarrollo del proyecto de implementación del alimentador infinito y el receptor doble en la línea de barnizado, se llevó a cabo un análisis detallado de los costos involucrados en las etapas de diseño, fabricación e instalación de los sistemas de acoplamiento. Los costos de diseño se centraron en la planificación del sistema de acoplamiento. En cuanto a la fabricación e instalación, se realizó una selección estratégica de materiales y procesos, asegurando que los costos se mantuvieran dentro del presupuesto asignado, al mismo tiempo que se cumplieran los requisitos técnicos.

Horas de ingeniería: La dedicación de horas de ingeniería fue de alrededor a 15-20 horas, manteniendo una tarifa ajustada de entre \$50,000 y \$70,000 COP por hora. Esto resulta en un costo de diseño total de entre \$750,000 y \$1.4 millones de pesos colombianos.

Este costo tiene como enfoque incluir todas las actividades clave, como el análisis de requerimientos, desarrollo de planos y la selección de materiales.

Se ajustó la selección de materiales, buscando optimizar el uso de recursos sin comprometer la calidad del sistema. El costo final de los materiales se estima en \$4 millones a \$5 millones de pesos colombianos, de acuerdo con cotizaciones ajustadas. Estos materiales incluyen:

- Estructuras metálicas y componentes para la mesa recibidora y la base del alimentador.
- Soportes y elementos de fijación.
- Componentes para la transmisión de potencia.

Costos de Fabricación y ensamblaje: El costo se estima en \$3 millones a \$4 millones de pesos colombianos. Esto incluye:

- Fabricación simplificada de la base del alimentador y del puente de salida.
- Tiempo dedicado a soldaduras y ensamblaje, manteniendo la calidad requerida.

Se mantuvieron las pruebas necesarias para garantizar la correcta operación del sistema, con un costo estimado incluido en la mano de obra de fabricación. Este proceso se ajustó para optimizar los recursos disponibles, manteniendo la calidad y seguridad de la operación.

La instalación de los sistemas fue optimizada para reducir tiempos y maximizar la eficiencia del personal involucrado. Los costos de instalación se incluyeron dentro de los costos de fabricación y ajuste final.

Cálculo Final del Proyecto Ajustado:

- Costos de equipos: USD \$83.086 (Aprox. \$ 346.806.500 COP).
- Costos de diseño: \$750.000 - \$1.4 millones COP.
- Costos de materiales: \$4 - \$5 millones COP.
- Costos de fabricación: \$3 - \$4 millones COP.

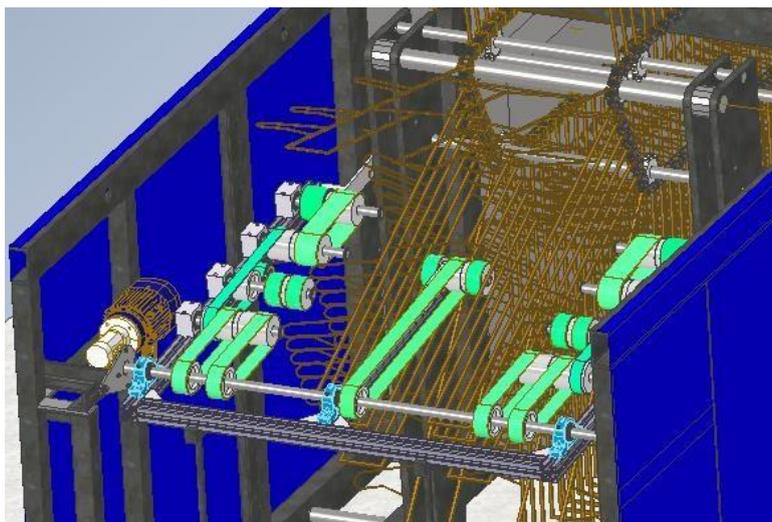
El total estimado para los sistemas de acoplamiento enfocados en el proyecto es de \$7.75 millones a \$10.4 millones COP. Sin embargo, la totalidad de inversión fue de aproximadamente 357.2 millones de pesos. Si relacionamos el valor total de inversión únicamente con los tiempos muertos de operación que se recupera (\$177.080.238 COP), sería posible recuperar esta inversión en alrededor de 2 años, cabe resaltar que la recuperación de esta inversión puede darse mucho antes si se tiene en cuenta el aumento proyectado de envases a producir.

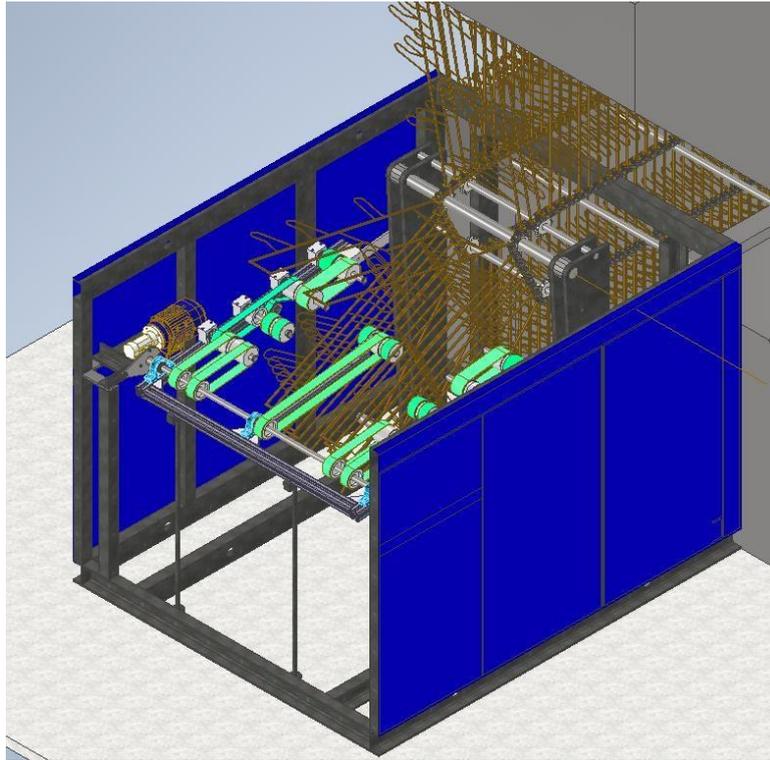
4.6. Identificación de requerimientos

Para diseñar un sistema de acoplamiento eficaz que conecte la entrada de la prensa barnizadora a un alimentador infinito y a la salida del horno barnizador con el recibidor doble en la línea de barnizado de PRODENVASES S.A.S., es crucial identificar y definir claramente los requerimientos. Dado que el recibidor doble debía adaptarse a las condiciones de espacio en la planta, se decidió remover el sistema de recibimiento de láminas existente y reemplazarlo por un nuevo puente de recepción para permitir una transición suave y eficiente. Este puente fue diseñado en colaboración con el jefe de mantenimiento para acoplar el nuevo recibidor doble y solucionar problemas adicionales indeseados durante el transporte de las láminas, como se detalla a continuación:

Ilustración 27.

Sistema de Acoplamiento Puente Recibidor.





1. Requerimientos Operativos

- **Continuidad del Proceso:**

Acoplamiento Alimentador Infinito: Para llevar a cabo la instalación del alimentador infinito se garantizó que el diseño del sistema de acoplamiento permitiera una transferencia continua de láminas desde el alimentador infinito hasta el recibidor doble, eliminando cualquier interrupción que pudiera afectar la eficiencia operativa de la línea, como suele suceder con las esquinas de la estiba de láminas cuyas medidas quedan a ras con la prensa. El alimentador infinito se adaptó para alinearse con la altura de entrada de la prensa barnizadora de tal forma que la estiba llena de láminas no chocara con ningún componente del sistema de acoplamiento. Para facilidad del montaje, se usó como ejemplo las medidas máximas del ancho permitido de la prensa (1.2m) y sus respectivos materiales para garantizar una correcta integración a la entrada.

Acoplamiento del Recibidor Doble: Para garantizar la continuidad de láminas este diseño incluyó la instalación de estructuras de soporte ajustadas a los perfiles estructurales existentes para mejorar los apoyos y reducir posibles vibraciones generadas por el transporte de las láminas como del motorreductor operando.

Se mantuvo la altura y el ancho de recepción requeridos con respecto a la entrada del recibidor doble, centrado y asegurando que la altura de entrega coincidiera con la del recibidor doble. Además, se implementó una transmisión de potencia directa, de motor y reductor ya que se tenía una transmisión por bandas la cual:

1. En múltiples ocasiones había presentado inconvenientes debido a desgastes prematuros de las bandas, por lo que se tenía que detener la operación para realizar cambios de las bandas.
2. Los apoyos que sostenían al motor eran deficientes debido a que se encontraba mal ubicado el motor con respecto al puente de salida, lo que generaba desgaste excesivo en los rodamientos del puente de salida y, finalmente, se generaban pandeos al eje principal de transmisión por exceso de cargas.
3. Los apoyos que tenía la estructura del puente recibidor eran muy pocos para el posicionamiento de las láminas, tras horas de continuidad operativa el puente recibidor vibraba excesivamente, lo cual, para varias referencias de láminas resultaba perjudicial ya que terminaban saliéndose de su posición correspondiente sobre las parrillas del horno y terminaban generando atranques, y, dado el caso de que el operario no se encontrara atento a estos atranques, podrían seguir empeorando hasta terminar torciendo las parrillas con láminas que salen del horno por lo cual se debía parar la línea por lo que se requería aumentar los anclajes y apoyos del puente a la estructura como al piso.

Estas circunstancias se veían reflejadas en tiempos muertos de operación que seguían generando costos para la empresa, se definió una transmisión suave a la mesa recibidora debido a que se calculó la potencia para desplazar cada lámina sobre el puente recibidor, lo que permitió que las láminas se desplazaran a la misma velocidad que las parrillas del horno, garantizando una transferencia sin atascos.

- **Capacidad de Manejo:** Se buscó asegurar que el sistema fuera capaz de manejar tanto el volumen de producción actual como el proyectado, para evitar que el flujo de láminas se convirtiera en un cuello de botella. Para ello, los sistemas de acoplamiento requerían de materiales firmes y usados en la industria, dadas las cargas que se deben desplazar dependen únicamente del peso de cada estiba cuyo peso ronda entre 600 *kg* a 900 *kg* cada estiba. Es por esto por lo que todas las estructuras debían ser de acero estructural, la mesa recibidora del horno al recibidor doble como la mesa de entrada a

la prensa barnizadora requerían apoyos en acero inoxidable para mantener la operatividad sin problemas, según recomendaciones brindadas por el jefe de mantenimiento y equipo de ingeniería y mantenimiento a cargo del proyecto.

Acoplamiento del Alimentador Infinito: Se diseñaron apoyos en perfiles estructurales de acero en la mesa de entrada del sistema de acoplamiento capaces de mantener el peso de las láminas al ingresar. Sobre esta mesa, fueron apoyados los rodillos de acero sobre los cuales se desplazan las estibas con chumaceras a los extremos, los perfiles estructurales se soldaron según el ancho de la entrada de la prensa barnizadora y se acopló el sistema de transmisión que levanta la mesa de entrada a la prensa, todo esto con el fin de mantener la capacidad de carga y evitar futuras fallas.

Acoplamiento del Recibidor Doble: Se diseñaron anclajes y soportes robustos para fijar el motorreductor, lo que permitió minimizar vibraciones indeseadas durante la operación y mantener la suavidad en la transmisión de potencia a la mesa recibidora. Se ajustó la velocidad de transmisión a la salida de láminas desde el horno para sincronizarla con el desplazamiento de las láminas hacia el recibidor doble por medio del motorreductor, evitando que se produjeran atascos o que las láminas se superpusieran.

2. Requerimientos Técnicos

- **Compatibilidad con Equipos Existentes:** Se aseguró que los sistemas de acoplamiento fueran totalmente compatibles con los equipos ya instalados, específicamente con el horno barnizador y el recibidor doble como del alimentador infinito a la prensa barnizadora.

Acoplamiento del Recibidor Doble: Para llevar a cabo el diseño del puente recibidor fue necesario saber qué cambios se iban a realizar en la línea de barnizado, para ello, se identificó que la mesa recibidora debía eliminarse por completo, esto debido a que el recibidor doble debía instalarse justo luego de la salida del horno, por esta razón, y por el deterioro del puente de salida, se decidió remover el puente y toda la mesa recibidora, esta se encontraba extendida a la salida del horno hasta el volteador apilador de láminas (el cual se encarga de voltear las estibas según las referencias que requieran colocarse en sentido contrario en las líneas de ensamble, en

otros casos, se extraen las estibas del recibidor sin necesidad de voltear la estiba), se utilizó este espacio para instalar el equipo y el sistema de acoplamiento del horno al recibidor doble para que el recibidor pudiera ser acoplado continuamente con el apilador de láminas. Es decir, luego de la salida del horno, se instaló el sistema de acoplamiento, luego el recibidor doble y continuamente, el apilador volteador de láminas.

Acoplamiento del Alimentador Infinito: Para el sistema de acoplamiento entre el alimentador infinito y la prensa barnizadora se debe remover los rodillos de la mesa de entrada por su deficiente operatividad y dado que, como se mencionó anteriormente, todo este sistema será removido para la instalación del alimentador infinito, el cual reemplazará en su totalidad el sistema de entrada, únicamente se utilizará el sistema de levantamiento de la prensa barnizadora para instalar el nuevo sistema de acoplamiento y el alimentador infinito, este sistema de levantamiento consta de una transmisión de potencia que permite levantar la mesa de entrada a la prensa para que cada lámina sea ingresada luego de ser acomodada, para su mejoría, se instaló un sistema de contrapesos para reducir significativamente el torque a realizar por el motor, con el fin de poder instalar un motor de baja potencia y suplir la carga que este alza, correspondiente al peso de una estiba con láminas.

- **Precisión y Control:** Se instalaron sensores en puntos críticos del sistema para monitorear el flujo de láminas y ajustar la posición de los componentes para reducir la necesidad de intervención manual y mejorar la eficiencia operativa. El sistema debía incluir mecanismos de control precisos para alinear y posicionar las láminas correctamente durante su transporte. Estos sensores se conectaron a un sistema de control centralizado que permitió una operación más eficiente y una respuesta rápida ante cualquier anomalía.

Acoplamiento del Recibidor Doble: Se integraron dispositivos de alineación y guías mecánicas que aseguraron el posicionamiento centrado de las láminas en el transporte de la salida del horno hacia el recibidor doble, a su vez, se instalaron sensores de proximidad a la entrada del recibidor doble para identificar cuando se presenten dobles láminas, y, adicionalmente, un sistema de pistones neumáticos que sirven como apoyo lateral a la salida del horno para reacomodar las láminas y permitir el correcto ingreso al recibidor doble.

Acoplamiento del Alimentador Infinito: En el diseño del sistema de acoplamiento del alimentador infinito a la prensa, se instalaron sensores y ventosas

para que las láminas fueran tomadas por ventosas y sean transportadas a la entrada de la prensa, adicionalmente se instalaron sensores para identificar cuando se tomen múltiples láminas que puedan ocasionar atranques así como sensores a los extremos de la prensa si se llegase a desacomodar las láminas, se pare la línea antes de generar atranques.

3. Requerimientos de Seguridad

- **Seguridad Operacional:** El diseño se realizó cumpliendo con las normativas de seguridad industrial propuestas en la empresa por Seguridad y Salud para proteger a los operarios y minimizar el riesgo de accidentes. Se integraron barreras de seguridad con el fin de mantener una distancia prudente entre los equipos y los trabajadores durante la operación de la línea así como la suficiente altura para no representar dificultades a la hora de acceder al mantenimiento de los equipos, y se instalaron sistemas de paro de emergencia en el diseño de los sistemas de acoplamiento asegurando que cualquier atranque o desorden de láminas que se presente, pudiera ser detectado y manejado de manera segura por los operarios sin representar un riesgo para su salud. Además, se aseguraron puntos de acceso seguro para los operarios, permitiendo intervenciones sin riesgos durante la operación y el mantenimiento.

Mantenimiento: Se diseñó los sistemas para facilitar el acceso para el mantenimiento y lubricación regular de ciertos componentes, así como su limpieza, para evitar acumulaciones de residuos que pudieran interferir con la operación. Se instalaron paneles de acceso y puntos de inspección en el acoplamiento, lo que permitió a los equipos de mantenimiento realizar revisiones y limpiezas de manera eficiente y segura. También se documentaron procedimientos específicos para el mantenimiento del sistema, garantizando que se mantuviera en condiciones óptimas.

4. Requerimientos de Calidad

- **Integridad del Producto:** Se aseguró que las láminas no sufrieran daños durante la transferencia, manteniendo su calidad y acabados intactos. Para ello, se emplearon materiales y superficies en el acoplamiento que redujeron la fricción y el riesgo de daños en las láminas. También se ajustaron los mecanismos de transferencia para

evitar golpes o desalineaciones que pudieran comprometer la integridad de las láminas.

- **Consistencia:** Se garantizó que el sistema proporcionara una entrega consistente y uniforme de las láminas, asegurando la calidad del producto final. Se realizaron calibraciones precisas de los componentes del sistema para asegurar que cada lámina fuera entregada con la misma velocidad y en la posición correspondiente. Además, se implementaron controles de calidad en línea para detectar y corregir cualquier inconsistencia de inmediato tales como sensores y sistemas mecánicos que compacten y posicionen adecuadamente cada lámina.

5. Conclusiones

La instalación del sistema de acoplamiento compuesto por un alimentador infinito y un receptor doble en la línea de barnizado resultó en una notable mejora en la continuidad operativa del proceso productivo. Antes de la implementación, la línea enfrentaba frecuentes interrupciones debido a la necesidad de cambiar manualmente las estibas de láminas, lo que provocaba tiempos muertos de entre 5 a 7 minutos por cada cambio. Con el nuevo sistema, este tiempo de paro se redujo a 1 minuto, lo que representa una disminución del 85% en los tiempos muertos asociados con los cambios de estiba. Esta mejora permitió aumentar la disponibilidad de la línea de barnizado de un 72.65% a un 88.41%, lo que refleja un incremento significativo en la operatividad general del proceso.

La implementación del alimentador infinito y el receptor doble permitió un aumento considerable en la cantidad de láminas barnizadas por día. Según las proyecciones, se logró barnizar hasta 7,412 láminas adicionales por jornada, lo que equivaldría a la producción de 29,648 envases metálicos de 1 galón al día. Este aumento en la productividad permitió a Prodenvasas S.A.S. satisfacer de manera más eficiente la creciente demanda del mercado. Además, al reducir los tiempos muertos, la empresa logró un ahorro estimado de \$670,758.48 COP por día, lo que reduce los costos de operación relacionados con los tiempos no productivos de \$782,551.56 COP/día a \$111,793.08 COP/día. Este ahorro tiene un impacto positivo directo en la rentabilidad de la empresa y contribuye a mejorar su competitividad en el mercado.

La automatización del proceso de alimentación y recepción de láminas mediante el alimentador infinito y el receptor doble no solo ha optimizado el flujo de trabajo, sino que también ha reducido la intervención manual, minimizando el riesgo de errores y riesgos mejorando la seguridad operativa. La integración de sistemas de control y monitoreo en tiempo real permite una mayor precisión en el manejo de las láminas, reduciendo los atascos y garantizando una operación más fluida y eficiente.

El análisis de retorno de inversión (ROI) muestra que la instalación del alimentador infinito y el receptor doble se amortizará rápidamente debido a los ahorros generados por la reducción de tiempos muertos y el aumento en la productividad. La empresa no solo mejorará su competitividad en el sector de envases metálicos, sino que también estará mejor

posicionada para sostener un crecimiento continuo y satisfacer futuras demandas de producción. Esto asegura la sostenibilidad operativa y financiera de la empresa a largo plazo.

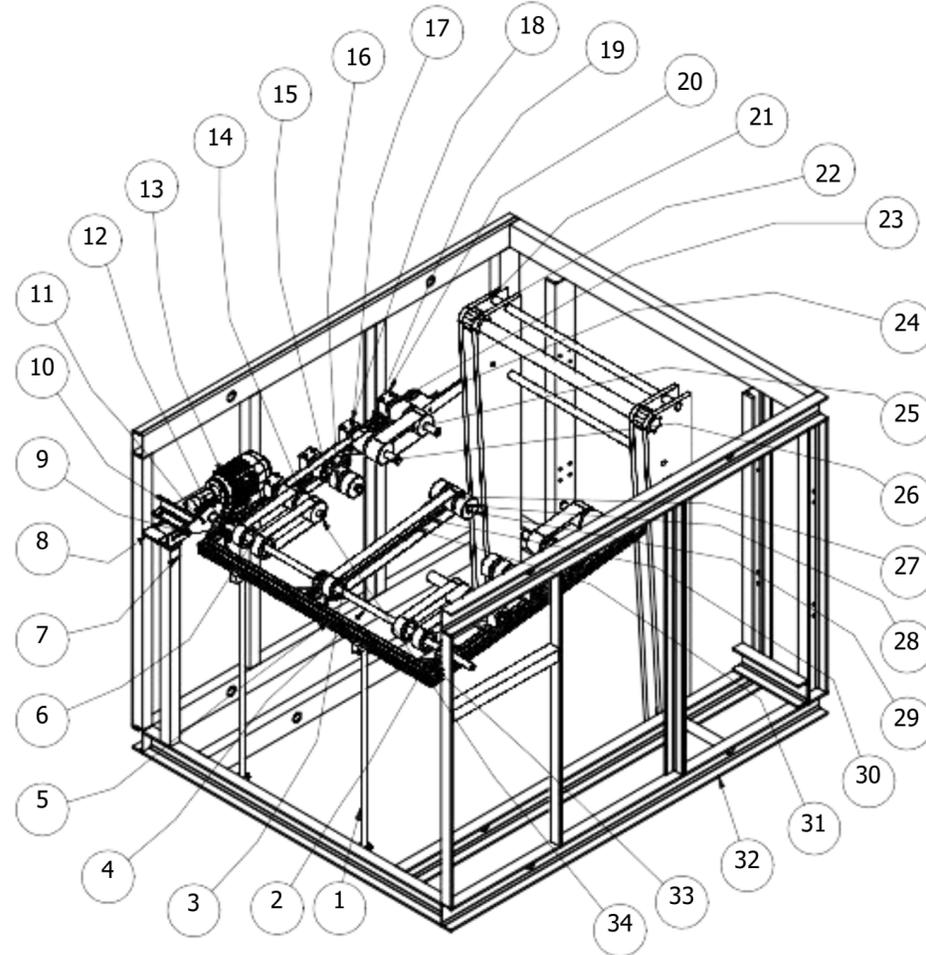
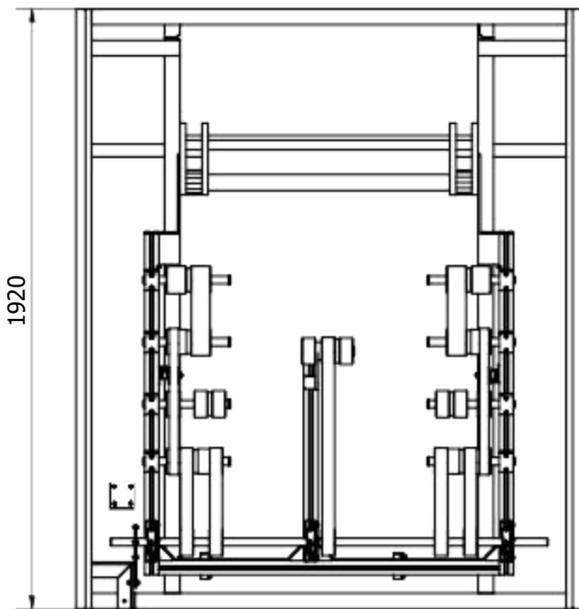
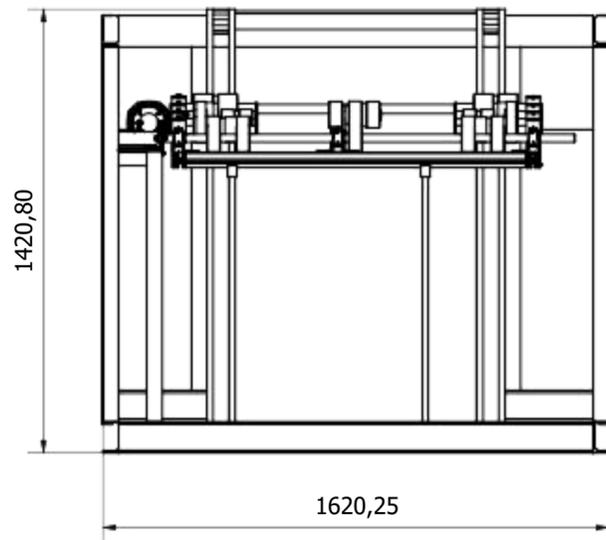
El sistema automatizado no solo contribuyó a reducir los tiempos de parada, sino que también optimizó el flujo de trabajo en la línea de barnizado. El alimentador infinito asegura un suministro constante de láminas de hojalata sin necesidad de intervención manual frecuente, mientras que el recibidor doble permite la acumulación continua de estibas llenas sin detener la operación para su reemplazo. Esta automatización disminuyó el riesgo de errores operativos, especialmente en la alineación y colocación de las láminas, lo que a su vez minimizó la posibilidad de atascos o daños en las láminas durante su manipulación. La disminución de la intervención manual también mejoró las condiciones de seguridad, ya que los operarios ahora realizan menos tareas peligrosas asociadas al manejo manual de las estibas.

Con la implementación de este nuevo sistema, Prodevases S.A.S. no solo resuelve un problema operativo inmediato, sino que también asegura la sostenibilidad a largo plazo de su línea de barnizado. El aumento en la productividad y la reducción en los costos operativos posicionan a la empresa como un actor más competitivo dentro del sector de envases metálicos. Además, la automatización de los procesos clave prepara a la empresa para hacer frente a incrementos futuros en la demanda sin necesidad de realizar inversiones adicionales significativas. Este enfoque proactivo hacia la optimización y la eficiencia garantiza que Prodevases S.A.S. pueda mantener su crecimiento y rentabilidad en el mercado, consolidando su posición en la industria.

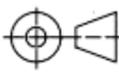
6. Referencias bibliográficas

- ATS Automation. (s.f.). *Soluciones de automatización*. Recuperado de <https://www.atsautomation.com>
- Bosch Rexroth. (s.f.). *Soluciones de automatización y sistemas de alimentación continua*. Recuperado de <https://www.boschrexroth.com>
- CUBLiFT. (s.f.). *Stackers diseñados para ser simples de usar, flexibles, efectivos en condiciones versátiles y económicos*. Recuperado de <https://www.cublifit.com>
- Festo. (s.f.). *Soluciones de automatización industrial*. Recuperado de <https://www.festo.com>
- Galvez R., C. (2017). *Diseño de un sistema de abastecimiento de envases de hojalata a la línea de producción de pimiento en conservas en la empresa Green Perú S.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Littell. (s.f.). *LM-1E 1250 Scroll Sheeting System*. Recuperado de <https://www.littell.com>
- MABEG Systems GmbH. (s.f.). *MST 2 y MST 3: Stackers de alta calidad para la manipulación de hojas*. Recuperado de <https://www.mabeg.com>
- SteelConnect. (s.f.). *Soluciones de impresión de alta calidad para el envasado metálico*. Recuperado de <https://www.steelconnect.com>
- Vázquez, A. J. (2006). *Estudio y diseño de un alimentador continuo para la industria de la impresión* (Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional). <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10563/100.pdf?sequence=1>
- WhatTheyThink. (s.f.). *KBA-MetalPrint: Prensas litográficas avanzadas*. Recuperado de <https://www.whattheythink.com>

7. Anexos



LISTA DE PIEZAS					
REF.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	BARRA APOYO VERTICAL	2	25X25X970	ACERO INOX.	SOLDADO
2	ESQUINA APOYO	4	45X45X45	ALUMINIO	COMERCIAL
3	POLEA A	7	81.5X81.5X43	ALUMINIO	MECANIZADO
4	EJE DE TRANSMISIÓN	1	25X25X1400	AISI 4340	COMERCIAL
5	PERFIL BOSCH	1	45X45X1090	ALUMINIO	COMERCIAL
6	CORREA LONA	4		LONA	COMERCIAL
7	PERFIL BS 4848	10	50X50X865	AISI A36	COMERCIAL
8	PLATINA DE ACERO	1	40X20*X8	ACERO INOX.	COMERCIAL
9	TORNILLO AS 1427 M8	1		ACERO INOX.	COMERCIAL
10	PLATINA L PERFIL BS 4848	1	120X120X45	AISI A36	COMERCIAL
11	TORNILLO AS 1427 M6	1		ACERO INOX.	COMERCIAL
12	BRAZO DE TORQUE	1	201X112.5X12	ACERO INOX.	DISEÑO
13	MOTORREDUCTOR BONFIGLIOLLI	1			COMERCIAL
14	POLEA B	2	80.75X80.75X43	ALUMINIO	MECANIZADO
15	CORREA LONA B	4		LONA	COMERCIAL
16	POLEA C	2	81.5X81.5X100	ALUMINIO	MECANIZADO
17	TENSOR DE CORREA	2	62X50X42	ALUMINIO	DISEÑO
18	TORNILO AS 1111 M8	16		ACERO INOX.	COMERCIAL
19	PERFIL BOSCH B	2	45X45X1100	ALUMINIO	COMERCIAL
20	APOYO CÚBICO	8	71X60X45	ALUMINIO	DISEÑO
21	BASE APOYO TRANSP. PARRILLAS	4	1200X65X12	AISI A36	DISEÑO
22	APOYOS FIJOS EJE PARRILLAS	2	80X80X45	AISI A36	DISEÑO
23	RODAMIENTO SKF 6005	8	47X47X12		COMERCIAL
24	APOYO PERFIL A BASE VERTICAL	2	120X65X80	AISI A36	DISEÑO
25	CORREA LONA C	2		LONA	COMERCIAL
26	EJE DE TRANSMISIÓN 2	8	25X25X280	AISI 4340	COMERCIAL
27	CORREA LONA D	2		LONA	COMERCIAL
28	POLEA D	1	80.75X8.75X141	ALUMINIO	MECANIZADO
29	EJE DE TRANSMISIÓN 3	1	25X25X165	AISI 4340	COMERCIAL
30	APOYO DE PERFIL A EJE CENTRAL	1	125X57X62	ALUMINIO	DISEÑO
31	PERFIL BOSCH C	1	650X45X45	ALUMINIO	COMERCIAL
32	PERFIL BS 4	14	100X50X1920	AISI A36	COMERCIAL
33	RETENEDOR EXT. ANSI B 27.7M 3AMI-25	32	27X27X4	ACERO INOX.	COMERCIAL
34	CHUMACERA SKF SY25	3	22X130X65		COMERCIAL

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA			 ESC: 1:16 FECHA: 10-09-24
FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECÁNICA			
ENSAMBLE SISTEMA DE ACOPLAMIENTO		GRUPO:	O.T: N. A.
	DISEÑO: CRISTIAN JAIMES AMAYA	DIBUJÓ: CRISTIAN JAIMES AMAYA	MOD: N. A.
APROBÓ: JUAN ESTEBAN GARCÍA	REVISÓ: JUAN ESTEBAN GARCÍA	PL. N°: A2-01	