



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE
ENVASES PARA CONSERVAS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DEL
ESPESOR DE LA HOJALATA”**

Autor:

Noemi Maribel Baldeón Solórzano

Tutor de Titulación:

Ing. Patricio Barberán Cevallos

Manta - Manabí - Ecuador

2026

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PRODUCCIÓN DE
ENVASES PARA CONSERVAS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DEL
ESPESOR DE LA HOJALATA”**

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANO DE LA FACULTAD
Ing.

DIRECTOR
Ing.

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Baldeón Solórzano Noemi Maribel**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Industrial, período académico **2025-2**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "**Optimización de Costos en la Producción de Envases para Conservas mediante la Reducción del Espesor de la Hojalata**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



Ing. Barberán Cevallos Patricio
TUTOR DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE TESIS

Baldeón Solórzano Noemi Maribel, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Industrial, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **“Optimización de Costos en la Producción de Envases para Conservas mediante la Reducción del Espesor de la Hojalata.”** Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Barberán Cevallos Patricio y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Baldeón Solórzano Noemi Maribel
C.I. 0944119049

Ing. Barberán Cevallos Patricio
C.I. 1309995687

Dedicatoria

“Encomienda a Jehová tu camino, y confía en Él; y Él hará.”

(Salmos 37:5)

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien nunca me soltó la mano durante este proceso largo y muchas veces difícil. En los momentos de soledad, incertidumbre y cansancio, Su presencia fue mi refugio y Su fidelidad mi sostén. Sin Su guía, Su amor y Su misericordia, no habría tenido la fuerza para perseverar y llegar hasta aquí.

A mis padres, quienes han sido el pilar más firme de mi vida y de mi formación. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio silencioso, por su apoyo constante aun a la distancia y por creer en mí incluso cuando el camino no era claro. Todo lo que soy y todo lo que he logrado lleva la huella de su esfuerzo, sus oraciones y su entrega.

A mi esposo, quien llegó a mi vida como un regalo de Dios en una etapa decisiva. Gracias por ser mi compañía cuando me sentía sola, mi refugio cuando las fuerzas faltaban y mi apoyo incondicional cuando el cansancio y las lágrimas parecían ganar. Gracias por caminar conmigo, por escucharme, por levantarme y por recordarme, una y otra vez, que no estaba sola.

A mis hermanos, por sus palabras de ánimo y por hacerme sentir siempre orgullosa del camino que estaba recorriendo, aun antes de ver los resultados.

A mis sobrinos, quienes, con su amor sincero, sus abrazos y su alegría llenaron mi corazón cada vez que regresaba a casa, recordándome lo verdaderamente importante.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que fueron parte de este proceso con una palabra, una oración o un gesto de apoyo, y a mi fiel compañera de desvelos, mi gatita Kitty, que me acompañó en largas madrugadas de estudio y silencios, siendo una pequeña pero constante fuente de compañía y consuelo.

Reconocimiento

Expreso mi reconocimiento, en primer lugar, a Dios, por su guía, fortaleza y fidelidad a lo largo de todo este proceso académico. Su presencia fue fundamental para perseverar en los momentos de dificultad y culminar esta etapa de mi formación profesional.

Reconozco de manera especial a mi tutor de tesis, por su orientación, observaciones y acompañamiento durante el desarrollo del presente trabajo, los cuales contribuyeron significativamente a la culminación de esta investigación.

Agradezco a la Universidad y a la carrera por los conocimientos impartidos a lo largo de mi formación académica, los cuales constituyeron la base para el desarrollo de este trabajo.

Asimismo, reconozco el apoyo de mi familia, en especial de mis padres, por su respaldo incondicional, sacrificio y constante motivación, aun a la distancia. Su apoyo emocional y sus consejos fueron esenciales durante este proceso.

Reconozco también a mi esposo, por su acompañamiento, comprensión y apoyo constante en una etapa exigente de este camino académico.

Finalmente, expreso mi reconocimiento a todas las personas que, con una palabra de aliento, una oración o un gesto de apoyo, contribuyeron directa o indirectamente a la culminación de este trabajo.

Índice de Contenido

Certificación del Tutor	iii
Declaración de Autoría	iv
Dedicatoria.....	v
Reconocimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xiii
Resumen Ejecutivo	xiv
Executive Summary	xv
Introducción	1
Antecedentes.....	2
Planteamiento del problema	4
Formulación del problema	6
Preguntas directrices.....	6
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Justificación	8
Capítulo 1	10
1 Fundamentación Teórica	10
1.1 Antecedentes Investigativos	10
1.1.1 Antecedentes Internacionales.....	10
1.1.2 Antecedentes Latinoamericanos.....	13
1.1.3 Antecedentes Nacionales	14
1.1.4 Síntesis General	18

1.2	Bases Teóricas	19
1.2.1	Optimización de costos.....	20
1.2.1.1	Concepto y principios de optimización	20
1.2.1.2	Factores que determinan los costos	21
1.2.1.3	Estrategias de optimización industrial	22
1.2.2	Envases metálicos.....	25
1.2.2.1	Importancia de los envases metálicos	25
1.2.2.2	Propiedades técnicas del envase	25
1.2.2.3	Clasificación de los envases metálicos	26
1.2.2.4	Relevancia económica y tecnología.....	27
1.2.3	Hojalata	28
1.2.3.1	Definición y composición	28
1.2.3.2	Propiedades físico-mecánicas	29
1.2.3.3	Tipos de acero base	30
1.2.3.4	Hojalata ETP y TFS.....	30
1.2.3.5	Especificaciones técnicas.....	31
1.2.3.6	Relación entre espesor, peso y rendimiento	32
1.2.4	Proceso de fabricación	32
1.2.4.1	Recepción y control de materia prima.....	33
1.2.4.2	Corte y preparación de la lámina	33
1.2.4.3	Formación y soldadura del cuerpo	34
1.2.4.4	Sistema de recubrimiento de costura.....	34
1.2.4.5	Entallado, acordonado y pestañado.....	35
1.2.4.6	Cierre de fondo y tapa	35
1.2.4.7	Controles de calidad en la fabricación del envase	35
1.2.5	Estructura de costos	36
1.2.5.1	Composición del costo total de fabricación	36

1.2.5.2	Participación de la hojalata en el costo	37
1.2.5.3	Relación entre espesor, peso y costo unitario	38
1.2.5.4	Costos por desperdicio y defectos	38
1.2.5.5	Herramientas de análisis económico	39
1.2.6	Reducción de espesor	40
1.2.6.1	Fundamentos técnicos del cambio de espesor	40
1.2.6.2	Efectos del espesor sobre las propiedades del envase	41
1.2.6.3	Ahorro teórico en consumo de material	42
1.2.6.4	Rendimiento por tonelada de hojalata	43
1.2.6.5	Beneficios industriales esperados.....	43
1.3	Marco Conceptual.....	44
1.4	Marco legal y ambiental	47
1.4.1	Normativa internacional aplicable a envases metálicos	47
1.4.1.1	Codex Alimentarius.....	47
1.4.1.2	Directiva 94/62/CE sobre envases y residuos de envases...48	
1.4.1.3	Norma ISO aplicables.....	48
1.4.2	Normativa ecuatoriana (INEN) aplicable a envases metálicos49	
1.4.2.1	INEN 1810:2016 - Envases metálicos para alimentos	49
1.4.2.2	INEN 1866:2013 - Materiales en contacto con alimentos.....49	
1.4.2.3	INEN-ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad ...50	
1.4.3	Normativa y lineamientos ambientales aplicables	50
1.4.3.1	Reciclabilidad del acero y la hojalata	50
1.4.3.2	Evaluación de ciclo de vida (ACV)	51
1.4.4	Pertinencia normativa de la propuesta	51
1.5	Hipótesis y variables	52
1.5.1	Hipótesis.....	52
1.5.2	Variables de la investigación	53

1.5.3	Operacionalización de Variables.....	53
1.5.3.1	Operacionalización de la Variable Independiente.	54
1.5.3.2	Operacionalización de la Variable Dependiente.....	55
1.5.4	Modelo Conceptual.....	56
1.5.4.1	Relación teórica entre las variables	56
1.5.4.2	Esquema del modelo conceptual	57
1.5.4.3	Explicación del modelo conceptual	58
1.6	Marco Metodológico	59
1.6.1	Modalidad Básica de la Investigación	59
1.6.2	Enfoque	59
1.6.3	Nivel de Investigación.....	60
1.6.4	Población de Estudio	60
1.6.5	Tamaño de la Muestra	61
1.6.6	Técnicas de recolección de datos	62
1.6.7	Plan de recolección de datos	64
1.6.8	Procesamiento de la Información.....	65
Capítulo 2		66
2	Diagnóstico o Estudio de Campo	66
2.1	Descripción de la empresa	66
2.2	Descripción del proceso productivo actual	67
2.3	Situación actual del uso de hojalata (0,17 mm).....	69
2.4	Identificación del problema en el proceso actual.....	70
2.5	Análisis del rendimiento actual por tonelada	71
2.6	Análisis del costo unitario actual del envase	72
2.7	Diagnóstico técnico de proceso	74
2.8	Síntesis del diagnóstico	74
Capítulo 3		75

3	Propuesta de Mejora.....	75
3.1	Planteamiento técnico de la mejora propuesta	75
3.2	Evaluación técnica de la hojalata de 0,14 mm	75
3.3	Análisis comparativo de los costos de producción	81
3.3.1	Comparación del rendimiento productivo.....	81
3.3.2	Análisis del costo unitario de producción	83
3.3.3	Impacto económico del cambio de espesor	84
3.4	Análisis del impacto en el proceso de fabricación	85
3.4.1	Impacto en las operaciones de corte de cizalla.....	85
3.4.2	Impacto en el proceso de soldadura eléctrica longitudinal	86
3.4.3	Comportamiento del material en las etapas	87
3.4.4	Impacto en la sincronización y transporte en línea	87
3.4.5	Evaluación global del impacto en el proceso productivo	88
3.5	Evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental	89
3.5.1	Evaluación de la factibilidad técnica y de calidad.....	89
3.5.2	Evaluación de la factibilidad económica.....	89
3.5.3	Evaluación del impacto ambiental y sostenibilidad	91
3.5.4	Síntesis de la factibilidad técnica, económica y ambiental	92
	Conclusiones.....	93
	Recomendaciones.....	94
	Bibliografía.....	95
	Anexos.....	100

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Operacionalización de la Variable Independiente</i>	54
Tabla 2	<i>Operacionalización de la Variable Dependiente</i>	55
Tabla 3	<i>Plan de Recolección de Datos</i>	64
Tabla 4	<i>Características del Material Base</i>	69
Tabla 5	<i>Producción Actual por Tonelada</i>	71
Tabla 6	<i>Valores asociados al Coste Unitario del Envase</i>	73
Tabla 7	<i>Características Técnicas</i>	77
Tabla 8	<i>Criterios de Validación Técnica</i>	80
Tabla 9	<i>Comparación del Rendimiento Productivo</i>	82
Tabla 10	<i>Análisis del Costo Unitario de Producción</i>	83
Tabla 11	<i>Impacto Económico del Cambio de Espesor</i>	84
Tabla 12	<i>Impacto del Espesor en el Proceso Productivo</i>	88
Tabla 13	<i>Comparación técnica y económica del cambio de espesor</i>	90
Tabla 14	<i>Síntesis de Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental</i>	91

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Modelo Conceptual de la Investigación</i>	<i>57</i>
Figura 2	<i>Diagrama General del Proceso Productivo.....</i>	<i>68</i>

Resumen Ejecutivo

La presente investigación analiza la viabilidad técnica, económica y ambiental de reducir el espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm en la fabricación de envases metálicos tipo tres piezas para la industria de conservas, tomando como caso de estudio el proceso productivo de la empresa Envases del Litoral S.A. El estudio se desarrolla ante la necesidad de optimizar los costos de producción sin afectar la calidad, la seguridad ni el desempeño funcional del envase.

Desde el enfoque técnico, se evaluó el comportamiento del material de menor espesor en las etapas de corte, formación del cuerpo, soldadura eléctrica longitudinal, rebarnizado y conformado mecánico. Los resultados muestran que la hojalata de 0,14 mm mantiene la integridad estructural, la hermeticidad y la estabilidad dimensional del envase, siempre que se realicen ajustes operativos menores dentro de los rangos técnicos admisibles de la maquinaria existente, sin requerir modificaciones estructurales ni inversiones en activos de capital.

En el ámbito económico, el análisis comparativo evidencia que la reducción del espesor incrementa el rendimiento productivo por tonelada de hojalata, permitiendo obtener un mayor número de envases con la misma cantidad de materia prima. Este incremento se traduce en una disminución del costo unitario del envase y en ahorros económicos directos y sostenidos en el gasto mensual y anual de materia prima.

Desde la perspectiva ambiental, la optimización del uso de hojalata contribuye a reducir el consumo de acero y las cargas logísticas asociadas al transporte y manejo del material. Estos resultados respaldan la propuesta planteada.

Palabras clave: Optimización de costos; Hojalata; Espesor; Envases metálicos; Materia prima.

Executive Summary

This research analyzes the technical, economic, and environmental feasibility of reducing tinplate thickness from 0.17 mm to 0.14 mm in the manufacturing of three-piece metal cans for the food canning industry, using the production process of Envases del Litoral S.A. as a case study. The study is developed in response to the need to optimize production costs without affecting product quality, safety, or functional performance.

From a technical perspective, the behavior of the thinner material was evaluated during the stages of cutting, body forming, longitudinal electric resistance welding, coating application, and mechanical forming. The results show that 0.14 mm tinplate maintains the structural integrity, hermetic sealing, and dimensional stability of the can, provided that minor operational adjustments are applied within the admissible technical ranges of the existing machinery, without requiring structural modifications or capital investments.

From an economic standpoint, the comparative analysis indicates that reducing the thickness increases the productive yield per-ton of tinplate, allowing a greater number of cans to be produced with the same amount of raw material. This improvement leads to a reduction in unit production cost and generates direct and sustained savings in monthly and annual raw material expenditures.

From an environmental perspective, optimizing tinplate usage contributes to reducing steel consumption and the logistical loads associated with material handling and transportation. These results support the feasibility of the proposed thickness reduction.

Keywords: Cost optimization; Tinplate; Thickness; Metal cans; Raw material.

Introducción

La industria de envases metálicos ejerce un rol fundamental en el sector alimentario, ya que proporciona soluciones de envasado que garantizan la conservación, protección y seguridad de los productos a lo largo de su procesamiento, almacenamiento y distribución. Dentro de esta industria los envases de hojalata de tres piezas son ampliamente utilizadas debido a su resistencia mecánica, hermeticidad y compatibilidad con procesos industriales, por lo que los convierte en un elemento clave para la industria de conservas.

En el contexto actual del sector metalmeccánico los costos de la materia prima han mostrado un incremento sostenido. A esto se suma la presión competitiva del mercado y la necesidad de aplicar prácticas productivas más eficientes. Frente a este escenario las empresas enfrentan el desafío de optimizar el uso de sus recursos sin afectar la calidad del producto final ni el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos establecidos.

Dentro de este proceso productivo la hojalata constituye uno de los insumos principales. Su utilización influye directamente en la estructura de costos y en el desempeño operativo de la industria por lo que su aprovechamiento eficiente resulta un factor determinante para la competitividad del sector.

La presente investigación se dirige al análisis de la hojalata en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. El estudio se enfoca en evaluar el cambio del espesor como una opción para mejorar el rendimiento del material y el proceso productivo. El enfoque es técnico y económico y se apoya en información real del proceso industrial. El propósito es generar un diagnóstico de la situación actual y sustentar el desarrollo de una propuesta de mejora.

El trabajo se estructura en apartados preliminares que permiten contextualizar y delimitar el estudio. Posteriormente se desarrollan capítulos relacionados con la fundamentación teórica y metodológica el diagnóstico del proceso productivo y la propuesta de mejora. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado.

Antecedentes

La industria de envases metálicos ha desempeñado históricamente un papel fundamental en el desarrollo del sector alimentario. Esto se debe a que proporciona soluciones de envasado que garantizan la conservación, protección y seguridad de los productos durante su procesamiento, almacenamiento y distribución. Los envases metálicos en especial aquellos fabricados con hojalata se caracterizan por su elevada resistencia mecánica, hermeticidad y capacidad de protección frente a agentes externos. Estas cualidades los convierten en una alternativa ampliamente utilizada para productos en conserva y alimentos procesados (Codex Alimentarius Commission, 2019; FAO, 2022).

Las características mencionadas permiten preservar la inocuidad de los alimentos y prolongar su vida útil, cumpliendo con los requisitos de seguridad exigidos por organismos internacionales.

Dentro de la industria metalmeccánica los envases de hojalata tipo tres piezas se han consolidado como una de las soluciones más empleadas en la industria de conservas. Esta condición se relaciona principalmente con su compatibilidad con procesos productivos de alta velocidad y con la flexibilidad de diseño que ofrecen para distintos formatos y capacidades.

Su uso extendido responde no solo a criterios técnicos sino también a consideraciones económicas y logísticas. Estos envases permiten una producción en serie eficiente y estandarizada lo que favorece su aplicación a gran escala en la industria alimentaria (Directiva 94/62/CE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, 1994).

En este contexto la hojalata se mantiene como el principal material base para la fabricación de este tipo de envases. Su empleo se sustenta en una adecuada combinación de resistencia ductilidad y comportamiento frente a los procesos de conformado y soldadura que caracterizan la fabricación de envases metálicos (Robertson, 2012).

No obstante, la participación de la hojalata como insumo principal del proceso productivo implica una incidencia directa en la estructura de costos de fabricación. El consumo de materia prima metálica representa una proporción significativa del costo total del envase, lo que ha llevado a que su aprovechamiento eficiente se convierta en un aspecto estratégico para las empresas del sector. Las normas internacionales de gestión y aseguramiento de la calidad destacan la importancia de optimizar los recursos productivos como parte de los sistemas de mejora continua y eficiencia operativa (International Organization for Standardization, 2015a).

En los últimos años el entorno industrial ha estado marcado por el incremento de los costos de la materia prima, la presión competitiva de los mercados y la necesidad de adoptar prácticas productivas más eficientes y sostenibles. Estas condiciones han impulsado a las empresas a evaluar alternativas orientadas a la reducción del consumo de materiales y a la mejora del rendimiento productivo, sin comprometer la calidad ni la seguridad del producto final (OECD, 2012).

En este escenario, variables técnicas como el espesor del material adquieren especial relevancia. Dichas variables influyen directamente en el rendimiento de la materia prima, el comportamiento del proceso de fabricación y los costos asociados. Bajo este contexto la evaluación de modificaciones en las características del material, como la variación del espesor de la hojalata surge como una línea de interés para la industria de envases metálicos. Este tipo de análisis permite explorar alternativas orientadas a mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la competitividad del sector manteniendo el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad e inocuidad exigidos por la industria alimentaria (Directiva 94/62/CE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, 1994; FAO, 2022).

Planteamiento del problema

La industria de envases metálicos para conservas se desarrolla en un entorno altamente competitivo. En este contexto la optimización de los costos de producción constituye un factor determinante para la sostenibilidad económica de las empresas. Todo ello debe realizarse sin comprometer la calidad, seguridad e inocuidad de los productos destinados al contacto con alimentos.

Dentro de esta industria, el envase metálico tipo tres piezas se caracteriza por un proceso productivo de alta repetitividad. En dicho proceso el consumo de materia prima metálica representa el principal componente de la estructura de costos.

En la empresa **Envases del Litoral S.A.** la fabricación de envases metálicos de tres piezas se realiza tradicionalmente utilizando hojalata con un espesor de **0,17mm**. Este material cumple con los requisitos técnicos, normativos y operativos establecidos para la industria alimentaria.

No obstante, la hojalata constituye el insumo de mayor incidencia económica dentro del proceso productivo. Su consumo representa un porcentaje significativo del costo unitario del envase. Por esta razón cualquier variación en sus características influya directamente en los costos de producción.

En los últimos años, el incremento sostenido del precio del acero y de los insumos metálicos ha generado presión sobre los costos operativos de la industria metalmeccánica. Esta situación ha motivado la necesidad de evaluar alternativas orientadas a mejorar el rendimiento de la materia prima y a optimizar el uso de recursos disponibles. Dichas alternativas deben realizarse sin afectar la integridad estructural ni la funcionalidad del envase.

En este contexto, la reducción del espesor de la hojalata surge como una posible estrategia de optimización. Esta alternativa permitiría un mayor aprovechamiento del material por tonelada adquirida y un efecto directo sobre la estructura de costos de producción.

Una de las alternativas técnicas consideradas es la utilización de hojalata con un espesor de **0,14mm** en la fabricación de envases de tres piezas. Sin embargo, la implementación de este cambio no ha sido evaluada de manera integral dentro del proceso productivo de la empresa. Esta situación genera incertidumbre respecto a su impacto real.

En particular, no se dispone de un análisis comparativo que permita establecer de forma cuantificada, las diferencias en el rendimiento del material, el costo unitario de producción y el comportamiento del envase durante las distintas etapas del proceso de fabricación.

Asimismo, la ausencia de un análisis económico estructurado limita la capacidad de la empresa para determinar si la reducción del espesor de la hojalata representa una alternativa técnicamente viable y financieramente conveniente. Sin información comparativa que sustente el beneficio económico del cambio la toma de decisiones se ve restringida. Esta condición incrementa el riesgo operativo y productivo asociado a una posible modificación del material.

Por lo tanto, se identifica como problema central la falta de un análisis técnico y económico que permita evaluar comparativamente el uso de hojalata de **0,17mm** frente a **0,14mm** en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. Este análisis debe considerar su impacto en el rendimiento de la materia prima los costos de producción y el desempeño del proceso productivo.

La condición descrita evidencia la necesidad de elaborar un estudio que proporcione información cuantificada y objetiva. Dicha información permitirá sustentar la viabilidad técnica y económica de la reducción del espesor de la hojalata como estrategia de optimización de costos aplicada a la empresa.

Formulación del problema

¿En qué medida la reducción del espesor de la hojalata de 0,17mm a 0,14mm influye en los costos de producción y en el desempeño técnico del proceso de fabricación de envases metálicos tipo tres piezas para conservas considerando los estándares de calidad y seguridad exigidos por la industria?

Preguntas directrices

¿Cuáles son las características mecánicas y funcionales de la hojalata de 0,14mm en comparación con la hojalata de 0,17mm, y cómo influyen en su comportamiento durante el proceso de fabricación de envases metálicos tipo tres piezas?

¿Qué diferencias se presentan en el rendimiento de la materia prima y en el costo unitario de producción del envase al utilizar hojalata de 0,17mm frente a hojalata de 0,14mm?

¿Qué impacto tiene la reducción del espesor de la hojalata en las distintas etapas del proceso productivo, y qué ajustes técnicos son necesarios para su implementación?

¿En qué medida la reducción del espesor de la hojalata resulta técnica y económicamente viable, considerando el análisis comparativo de costos y la relación beneficio–costo del proceso de fabricación?

Objetivos

Objetivo General

- Analizar el impacto de la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm en los costos de producción y en el desempeño técnico del proceso de fabricación de envases metálicos tipo tres piezas para conservas, considerando los estándares de calidad y seguridad exigidos por la industria.

Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades mecánicas y funcionales de la hojalata de 0,14mm en comparación con la hojalata de 0,17mm para determinar su comportamiento en la fabricación de envases metálicos tipo tres piezas.
- Realizar un análisis comparativo de los costos de producción utilizando hojalata de 0,17mm y 0,14mm considerando el consumo de materia prima y los costos asociados al proceso productivo.
- Examinar el impacto del cambio de espesor en el proceso de fabricación de envases de tres piezas considerando posibles ajustes de maquinaria y procesos productivos.
- Determinar la factibilidad técnica y económica del uso de hojalata de 0,14mm en la fabricación de envases metálicos tipo tres piezas en función de los estándares de calidad, seguridad y desempeño del proceso productivo.

Justificación

La presente investigación se justifica desde los ámbitos **técnico, económico, académico y ambiental**, debido a la necesidad de optimizar el uso de la materia prima metálica en la fabricación de envases para conservas, considerando que la hojalata representa el principal componente dentro de la estructura de costos del proceso productivo.

Desde el **enfoque técnico** el estudio permite evaluar de manera comparativa el comportamiento de la hojalata con espesores de **0,17mm y 0,14mm** a lo largo de las distintas etapas del proceso de fabricación de envases metálicos de tres piezas. Entre estas etapas se consideran el corte, la soldadura eléctrica longitudinal, el rebarnizado y el conformado mecánico.

Este análisis resulta necesario para determinar si la reducción del espesor mantiene las condiciones adecuadas de resistencia, hermeticidad y funcionalidad del envase. Asimismo, posibilita verificar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad exigidos por la industria alimentaria.

En el **ámbito económico**, la investigación se justifica por la necesidad de contar con información cuantificada, que permita estudiar el impacto real de la reducción del espesor de la hojalata sobre los costos de producción. Para esto, se compara el rendimiento del material por tonelada y se determina el costo unitario del envase.

A partir de este análisis, el estudio tiene como objetivo establecer si el uso de hojalata de **0,14mm** produce un beneficio económico cuantificable en comparación con el espesor tradicional de **0,17mm**. De esta manera se aportan criterios objetivos que respaldan la toma de decisiones empresariales fundamentadas en el análisis beneficio–costo.

Desde la **perspectiva académica**, el trabajo contribuye al desarrollo de conocimiento aplicado en el campo de la ingeniería industrial. La investigación integra fundamentos teóricos con un análisis de un caso real del sector metalmecánico.

En este sentido el estudio permite aplicar herramientas de análisis comparativo, evaluación económica y optimización de procesos, Además puede servir como referencia metodológica para futuras investigaciones relacionadas con la reducción del consumo de materia prima y la mejora de la eficiencia productiva en industrias manufactureras.

Finalmente, desde el **enfoque ambiental**, la investigación se justifica al evaluar cómo la optimización del espesor de la hojalata incide en la reducción del consumo de acero, la disminución del desperdicio metálico y la mejora del rendimiento del material por tonelada, contribuyendo indirectamente a la reducción del impacto ambiental asociado a la producción y transporte de materias primas. Este enfoque se alinea con los principios de sostenibilidad industrial y producción más limpia, promovidos por la normativa ambiental y las tendencias actuales de la industria.

En conjunto, esta investigación se justifica por la necesidad de desarrollar un análisis técnico y económico estructurado. Dicho análisis permitirá determinar la viabilidad de la reducción del espesor de la hojalata en la fabricación de envases metálicos de tres piezas.

La información generada será confiable y objetiva y servirá de apoyo para la toma de decisiones orientadas a la optimización de costos. Todo ello se realiza sin comprometer la calidad, seguridad ni desempeño del producto final.

Capítulo 1

1 Fundamentación Teórica

1.1 Antecedentes Investigativos

En esta sección se presenta la revisión de investigaciones previas vinculadas con la optimización de costos en la producción de envases metálicos, con énfasis en la reducción del espesor de la hojalata como estrategia técnica y financiera para mejorar la eficiencia industrial. Los antecedentes se agrupan en los contextos internacional, latinoamericano y nacional permitiendo una visión progresiva desde los avances globales hasta las experiencias del sector ecuatoriano. La selección de los estudios se fundamentó en criterios de pertinencia temática, actualidad y validez científica, priorizando investigaciones desarrolladas entre los años 2000 y 2025 que tratan sobre la ingeniería de materiales metálicos, la mejora continua de procesos, la reducción del consumo de materia prima, el análisis de ciclo de vida (ACV) y la sostenibilidad ambiental. Esta revisión aporta los fundamentos técnicos y metodológicos que sustentan la presente investigación y justifica el análisis de la viabilidad técnica y económica de disminuir el espesor de la hojalata de 0,17mm a 0,14mm en la fabricación de envases para conservas.

1.1.1 Antecedentes Internacionales

ITRA (2000), Uxbridge, Reino Unido, en su estudio técnico titulado “*Guide to Tinplate*”, tuvo como objetivo describir los procesos de fabricación, propiedades físicas y químicas, así como los rangos de espesores y tipos de recubrimientos del acero estañado utilizado en la industria del envasado. La metodología consistió en una recopilación y sistematización técnica llevada a cabo por el *Tinplate Panel* del ITRA con la colaboración de empresas productoras de acero, fabricantes de envases y profesionales en recubrimientos. Los resultados mostraron que la hojalata se fabrica en espesores que van desde 0,13 mm hasta 0,50 mm, y que el proceso de *double reduction* (DR) posibilita la fabricación de láminas de menor espesor, sin comprometer la integridad del envase. El estudio concluye que la combinación de aceros de bajo carbono y recubrimientos electrolíticos como el estaño (Sn) controlados favorece la

reducción del material, mejorando la eficiencia económica y manteniendo la calidad del producto final.

Can Manufacturers Institute (2011), Washington D.C., Estados Unidos, en la guía técnica titulada “*A Guide to Can Defects and Basic Components of Double Seam Containers*”, tuvo como objetivo identificar y clasificar los defectos más comunes presentes en envases metálicos con doble cierre. Para esto, se implementó una metodología basada en el análisis técnico mediante observación microscópica y dimensional de latas producidas. A partir de este análisis se determinaron los parámetros críticos relacionados con la resistencia y la hermeticidad del envase. Los resultados evidenciaron que los defectos más comunes se relacionan con fluctuaciones en la presión de sellado y variaciones en el espesor del cuerpo de la lata. Estas condiciones afectan directamente la hermeticidad y la durabilidad del envase. El estudio concluye que la precisión en las tolerancias de espesor junto con un control riguroso del proceso de soldado resulta esencial para garantizar la seguridad de los productos envasados, especialmente cuando se emplean láminas de menor espesor.

Dey & Agrawal (2016), Jamshedpur, India, en la investigación titulada “*Tinplate as a Sustainable Packaging Material: Recent Innovations and Developments to Remain Environment Friendly and Cost Effective*”, tuvieron como objetivo analizar los avances tecnológicos implementados en la fabricación de hojalata con el fin de incrementar la sostenibilidad y reducir los costos de producción en la industria del empaque metálico. La metodología se basó en una revisión técnico industrial de los procesos de laminación, limpieza y estañado junto con el análisis comparativo de las propiedades mecánicas y económicas de diferentes tipos de acero y recubrimientos. Los resultados indicaron que el costo de la hojalata está dominado por el acero y el estaño, y que la aplicación de tecnologías de reducción de espesor junto con la optimización del recubrimiento permite disminuir el peso hasta en un 23% y los costos entre un 7% y 9%, manteniendo la resistencia del envase. Se concluye que el uso de hojalata de menor calibre, junto con procesos sostenibles es una estrategia viable para lograr eficiencia económica y ambiental en la producción de envases.

Deshwal & Panjagari (2019), Karnal, India, en su artículo titulado *“Review on Metal Packaging Materials, Forms, Food Applications, Safety and Recyclability”*, tuvo como objetivo revisar las principales características, formas de aplicación y ventajas de los materiales metálicos usados en envases alimentarios, especialmente la hojalata y el acero libre de estaño (TFS). La metodología empleada fue una revisión documental sistemática que incluía investigaciones científicas, estándares industriales y normativas internacionales centrándose en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Los resultados demostraron que la hojalata posee una gran capacidad de reciclabilidad, una alta resistencia mecánica y excelentes propiedades de barreras siendo un material esencial en la industria alimentaria. Asimismo, se evidencia una tendencia global hacia la reducción del espesor y el uso de recubrimientos internos más delgados lo que reduce tanto el costo de materia prima como el impacto ambiental. Los autores concluyen que la innovación en el diseño de envases metálicos debe dirigirse hacia materiales más livianos, seguros y económicamente rentables.

Teixeira et al. (2025), Porto, Portugal, en su artículo complementario titulado *“Life Cycle Assessment of Tinsplate Aerosol Cans: Evaluating the Role of Photovoltaic Energy and Green Hydrogen in Environmental Impact Reduction”*, tuvieron como objetivo examinar la función de la economía circular y la eficiencia energética para disminuir el impacto ambiental asociados a los envases metálicos. La metodología se basó en un enfoque combinado de Análisis de Ciclo de Vida junto con la revisión de indicadores de circularidad, en el cual se evaluaron variables determinantes como el peso del material y la fuente energética empleada en el proceso productivo. Los resultados mostraron que el material base, la hojalata, constituye el factor con mayor contribución a los impactos ambientales globales, seguido por el consumo de energía eléctrica. El estudio concluye que la reducción del espesor de las láminas combinada con el incremento del contenido reciclado y la incorporación de fuentes de energía renovable representa una estrategia integral orientada a minimizar la huella ecológica del sector metalmeccánico.

1.1.2 Antecedentes Latinoamericanos

Nestares Chávez (2011), Lima, Perú, en su tesis titulada “*Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y 1/4 galón de capacidad para aumentar la productividad en una empresa de la industria metalmecánica*”, tuvo como objetivo optimizar la línea de fabricación de envases metálicos mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, e incluyó el análisis de tiempos y movimientos, el método ABC y la implementación de un instructivo operativo para estandarizar los procedimientos de trabajo. Los resultados demostraron una reducción del 30% de los productos defectuosos y un aumento significativo en la eficiencia de la línea. La investigación concluyó que la implementación de procesos estandarizados y la reducción de desperdicios permiten mejorar la productividad y reducir costos de producción en la industria de envases metálicos.

Alatrística & Paredes (2017), Trujillo, Perú, en la tesis “*Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad para reducir los costos operacionales en la empresa de conservas de pescado Don Fernando S.A.C.*”, tuvieron como objetivo general disminuir los costos operativos mediante la mejora de la gestión de producción y calidad. Se empleó una metodología preexperimental, que incluyó un diagnóstico de la situación, el uso de herramientas de ingeniería industrial (MRP II, HACCP, control de inventarios y capacitación de personal) y una evaluación económica financiera. Se observó que la productividad aumentó y el personal operativo se había disminuido en un 14% lo que implica un ahorro anual de S/.680,563. También se logró un Valor Actual Neto (VAN) de S/.2.092,116 lo cual demuestra un efecto económico positivo. El estudio concluyó que la planificación de la producción junto con una gestión de calidad integrada contribuye a la reducción de costos y al incremento de la rentabilidad en empresas conserveras que utilizan envases de hojalata.

Adrián & Vizconde (2020), Chimbote, Perú, en la tesis *“Propuesta de mejora en la gestión de producción, calidad y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa fabricante de envases de hojalata”*, tuvieron como propósito aumentar la rentabilidad de una planta productora de envases metálicos mediante la optimización del layout, la planificación productiva y la implementación de mantenimiento preventivo. La metodología empleada fue aplicada y descriptiva con análisis de flujos productivos, estudio de tiempos, control de especificaciones de hojalata y simulaciones de capacidad. Los resultados evidenciaron una reducción del 26% en el tiempo de producción y una disminución del 100% de horas extra, generando una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 90,1% y un aumento de rentabilidad del 18,05% al 23,10%. Se concluye que la reorganización del proceso y el control estadístico de las especificaciones de la hojalata contribuyen significativamente a la eficiencia económica y técnica en la fabricación de envases.

Muñoz et al. (2021), La Chorrera, Panamá en la investigación titulada *“Los Envases de Hojalata (Metal)”* publicada en la revista *Semilla Científica*, tuvieron como objetivo analizar las funciones, características, ventajas y desventajas de los envases metálicos, particularmente de hojalata, en el transporte y conservación de alimentos. La metodología fue teórica-descriptiva, basada en revisión documental y bibliográfica. Los resultados indicaron que los envases de hojalata ofrecen alta resistencia mecánica, hermeticidad y reciclabilidad, pero presentan un peso superior a otros materiales y un costo donde el 68% corresponde al material metálico. Las autoras concluyen que la hojalata continúa siendo el material más confiable para el envasado de alimentos, y que la reducción del espesor constituye una alternativa viable para disminuir los costos sin afectar la protección del producto.

1.1.3 Antecedentes Nacionales

Yarad & Pérez (2006), Quito, Ecuador, en el trabajo titulado *“Diseño e implementación de una empresa dedicada a la producción de envases de hojalata de uso no alimenticio”*, tuvieron como objetivo general diseñar y poner en marcha una microempresa destinada a la producción de envases metálicos fabricados con hojalata, evaluando su factibilidad técnica, económica y

operativa. Se utilizó una metodología descriptiva aplicada la cual se sustentó en el desarrollo de un estudio de mercado, la creación del diseño de la planta, la estimación de los costos de producción y las proyecciones financieras del negocio. Los resultados indicaron que el modelo de microempresa sugerido era factible, con una rentabilidad apropiada y una estructura operativa eficaz para satisfacer las necesidades del sector no alimenticio especialmente en envases para pinturas, productos químicos y aceites industriales. El estudio concluyó que la implementación de una microempresa metalmecánica de este tipo contribuye a fortalecer la producción nacional de envases, fomenta el empleo y permite sustituir importaciones constituyéndose en una alternativa económica sostenible y adaptable.

Cedeño (2015), Guayaquil, Ecuador, en su tesis titulada *“Rediseño de una línea de producción de envases metálicos de tres piezas para atún”*, tuvo como objetivo rediseñar el proceso de fabricación de envases metálicos en una planta productora del sector atunero, con el fin de mejorar la productividad y reducir los desperdicios de hojalata. La metodología aplicada fue descriptiva basada en la evaluación de los movimientos y tiempos el estudio del flujo de materiales y valoración técnica de las máquinas engargoladoras y conformadoras. Los resultados mostraron que la eficiencia de la línea aumentó en un 12% y los desechos de material disminuyeron un 10%. Se concluye que para mejorar la producción y disminuir los costos en el sector de envases metálicos, son métodos útiles reorganizar los procesos y dar mantenimiento a los equipos de manera preventiva

Asaquibay & Orellana (2021), Guayaquil, Ecuador, en la tesis *“Propuesta de optimización de mejora de la distribución de planta para un taller metalmecánico”*, tuvieron como propósito reorganizar el espacio productivo y optimizar el flujo de materiales en un taller del sector metalmecánico. La metodología fue de tipo aplicada con enfoque en ingeniería de métodos, incorporando diagramas de recorrido, estudio de tiempos y análisis de ergonomía. Los resultados indicaron que el tiempo de transporte de materiales se redujo en un 25% y que la eficiencia global del taller mejoró. El estudio determinó que una adecuada distribución de planta es clave para aumentar la

productividad y optimizar los costos operativos en las pequeñas industrias de manufactura metálica.

Quezada Orejuela (2021), Guayaquil, Ecuador, en su tesis de maestría titulada *“Propuesta de optimización de los procesos de fabricación para incrementar la eficiencia operativa de la planta de envase en San Miguel Industrias PET Ecuador mediante un modelo de gestión de mejora continua”*, tuvo como propósito aplicar metodologías de Lean Six Sigma y gestión de mejora continua para optimizar la eficiencia de una planta de envases. Se empleó el ciclo DMAIC y se evaluaron los indicadores de rendimiento como parte de la metodología. Los resultados mostraron un incremento del 7% en cuanto a la eficiencia operativa. Además, los desechos del material se redujeron en un 14%. El análisis determinó que aplicar un modelo sistemático de mejora continua posibilita obtener resultados sostenibles en la reducción de costos y al fortalecimiento de la productividad industrial.

Araujo Torres (2022), Quito, Ecuador, en su trabajo titulado *“Estudio comparativo de los diferentes tipos de envases utilizados en la industria alimentaria”*, tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo de los envases empleados en la industria de alimentos evaluando sus características, ventajas, desventajas y efectos sobre el medio ambiente. La metodología fue de tipo bibliográfica y descriptiva y se basó en fuentes científicas provenientes de bases de datos como Scopus y Science Direct. Los resultados mostraron que los envases metálicos en particular aquellos hechos de hojalata siguen siendo importantes debido a su alta durabilidad, su capacidad para conservar y su grado de reciclabilidad, pese a ser más costoso en comparación con los envases plásticos. La autora determinó que los envases metálicos siguen siendo una opción ideal para la conservación de alimentos y que los procesos de innovación deben enfocarse en la reducción del espesor del material como una alternativa para optimizar costos y mejorar la sostenibilidad.

García (2023), Guayaquil, Ecuador, en su proyecto titulado *“Planeación metodológica para la optimización de costos en la producción de una empresa de envases plásticos”*, tuvo como objetivo planificar una metodología de mejora orientada a la reducción de costos y al incremento de la eficiencia productiva en la empresa Delta Plastic C.A. La metodología empleada fue de tipo experimental y consideró la aplicación de análisis de productividad y del coeficiente de eficiencia mediante el uso de Excel. Los resultados demostraron que la planeación metodológica permitió identificar fallos operativos y optimizar recursos reduciendo tiempos improductivos y costos operacionales. Se concluyó que una adecuada planificación de producción basada en los datos cuantitativos es una herramienta fundamental para mejorar la competitividad en el sector manufacturero ecuatoriano

Arce & Zambonino (2024), Milagro, Ecuador, en su tesis titulada *“Teoría de restricción y su efecto en la producción de envases metálicos en una empresa guayaquileña”* tuvieron como objetivo aplicar la Teoría de Restricciones (TOC) para optimizar la producción de envases metálicos mediante la reducción de tiempos no productivos en la línea de corte de hojalata. Se utilizó un enfoque descriptivo y cuantitativo, con una metodología mixta que incluye herramientas como ANOVA, diagramas de Pareto e Ishikawa y el método de los 5 ¿Por qué? Los resultados indicaron que, con una TIR del 43,18%, el proyecto era rentable: los tiempos improductivos se redujeron en un 70% y el ahorro anual fue de \$11.376 aproximadamente. El análisis determinó que la implementación de TOC optimiza notablemente la eficiencia operacional y ayuda a reducir los costos de producción en el sector metalmecánico.

1.1.4 Síntesis General

La revisión de los antecedentes investigativos desarrollados en los contextos internacional, latinoamericano y nacional evidencia una evolución sostenida en el estudio y optimización de los procesos de fabricación de envases metálicos. En estos estudios se destaca la hojalata como un material estratégico para la industria conservera debido a su desempeño técnico y productivo. De manera general, las investigaciones analizadas muestran que la reducción del espesor de la hojalata constituye una tendencia tecnológica respaldada por estudios de ingeniería, análisis económicos y evaluaciones ambientales.

Esta tendencia ha demostrado que es posible optimizar los costos de producción y reducir el consumo de materia prima sin afectar la calidad ni la seguridad del envase. Asimismo, se resalta la aplicación de metodologías propias de la ingeniería industrial y de la mejora continua, tales como manufactura esbelta, control estadístico de procesos, balance de líneas y análisis de ciclo de vida. Estas metodologías han demostrado ser efectivas para disminuir desperdicios, tiempos improductivos y costos operativos dentro de los procesos industriales.

En Ecuador, los antecedentes demuestran un interés cada vez mayor por la innovación tecnológica, la planificación estratégica y el desarrollo de empresas metalmeccánicas sostenibles. Esta situación corrobora que es factible, desde el punto de vista económico y técnico, disminuir el espesor de la hojalata de 0,17mm a 0,14mm como una estrategia integral con el propósito de optimizar costos y aumentar la competitividad en la producción de envases para conservas.

1.2 Bases Teóricas

La presente sección tiene como finalidad fundamentar teóricamente los conceptos, principios y enfoques que sustentan la investigación titulada *“Optimización de costos en la producción de envases para conservas mediante la reducción del espesor de la hojalata”*.

Las bases teóricas permiten construir el soporte conceptual que orienta el análisis del problema planteado y delimitan las variables que intervienen en el estudio. En este caso se consideran la optimización de los costos de producción como variable dependiente y el espesor de la hojalata como variable independiente. A partir de este marco teórico se establece la base científica necesaria para el desarrollo de la investigación.

El desarrollo teórico se estructura desde un enfoque general hacia uno específico. En primer lugar, se abordan los fundamentos propios de la ingeniería industrial relacionados con la optimización de costos en sistemas de manufactura. En este apartado se analizan los principios, factores y estrategias que permiten alcanzar la eficiencia productiva dentro de los procesos industriales. Posteriormente se revisan los conceptos asociados a la naturaleza y clasificación de los envases metálicos con el fin de contextualizar el tipo de envase seleccionado como objeto de estudio.

Asimismo, se examina el papel de la hojalata como materia prima fundamental en la fabricación de envases para conservas. En este análisis se consideran sus principales propiedades físico-mecánicas, el proceso de producción del material, los tipos de acero base empleados y la relación existente entre el espesor y el rendimiento del material durante el proceso productivo.

Finalmente se incluye una revisión de los procesos industriales involucrados en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. En este punto se analiza la estructura de costos característica de la industria metalmecánica y se revisan diversas estrategias de optimización aplicables al proceso productivo. Estas estrategias se sustentan en metodologías de ingeniería industrial como Lean Manufacturing, Kaizen y el análisis costo-beneficio.

De esta manera las bases teóricas constituyen el fundamento científico y técnico que permite comprender cómo la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm puede representar una estrategia viable para la optimización de costos. Todo ello se plantea sin comprometer la calidad ni la seguridad del envase y asegurando la pertinencia y validez de la propuesta de investigación.

1.2.1 Optimización de costos

La optimización de costos industriales constituye uno de los pilares fundamentales de la ingeniería industrial moderna. Este concepto se sustenta en la necesidad de alcanzar una eficiencia integral dentro de los procesos productivos, maximizando los resultados económicos mediante la gestión racional de los recursos, la mejora continua de los procesos y la reducción sistemática de desperdicios. En términos generales, optimizar costos implica lograr un equilibrio entre la calidad, la productividad y la rentabilidad de las operaciones industriales, manteniendo la sostenibilidad del sistema productivo en el largo plazo (Heizer et al., 2021).

1.2.1.1 Concepto y principios de optimización

La optimización puede entenderse como el proceso de buscar la mejor alternativa posible entre varias opciones disponibles, considerando restricciones de recursos, tiempo y calidad. En el ámbito de la producción industrial, optimizar no significa únicamente reducir gastos, sino alcanzar la máxima eficiencia operativa sin comprometer la calidad ni la seguridad del producto final (Krajewski et al., 2019).

Jacobs & Chase (2019), afirman que la optimización de costos industriales se basa en modelos cuantitativos de toma de decisiones que permiten identificar situaciones de mínimo costo o de máximo rendimiento dentro de los sistemas productivos. Estos modelos combinan métodos de la ingeniería, la economía y la estadística, para equilibrar los factores productivos y alcanzar una utilización más eficaz de la materia prima, la energía, la mano de obra y los activos industriales.

Los principios fundamentales de la optimización se sustentan en varios ejes esenciales, entre los cuales destacan los siguientes:

1. **Eficiencia**, orientada a obtener el mayor resultado posible a partir de los recursos disponibles en el proceso productivo.
2. **Calidad**, enfocada en asegurar que las acciones de reducción de costos no afecten la funcionalidad del producto ni el cumplimiento de las normas técnicas establecidas.
3. **Productividad**, relacionada con el incremento de la relación existente entre los productos elaborados y los recursos utilizados durante la fabricación.
4. **Sostenibilidad**: preservar la estabilidad del proceso a través del tiempo, utilizando los recursos de manera sensata y produciendo el mínimo de desechos (Slack et al., 2022).

“La optimización de costos no consiste solamente en reducir gastos, sino también en identificar oportunidades de mejora continua a lo largo de la cadena de valor, eliminando las ineficiencias que no aportan ningún beneficio al cliente”, asegura London Consulting Group (2025, p. 3). Esta propuesta se relaciona directamente con la ingeniería de procesos, dado que destaca la importancia de identificar las actividades que no aportan valor. En este contexto, la reducción de variaciones y el control de los parámetros operativos se consideran aspectos clave para alcanzar una producción más estable y rentable.

1.2.1.2 Factores que determinan los costos

Los costos de producción representan el conjunto de inversiones necesarias para transformar materias primas en productos terminados. Estos pueden clasificarse en tres grandes grupos: costos directos de materiales, costos de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación (Horngren et al., 2012).

- **Materiales directos**: Son los insumos fundamentales que se integran al producto final. En industrias manufactureras como la de envases de hojalata, el costo del material puede llegar a alcanzar hasta un 68 % de los costos totales de producción (Muñoz et al., 2021).

- **Mano de obra directa:** abarca los sueldos y las prestaciones que reciben los trabajadores que están directamente involucrados en las operaciones de fabricación del producto.
- **Costos indirectos de fabricación:** incluyen los gastos relacionados con el consumo de energía, la depreciación, la supervisión, las actividades de control de calidad y el mantenimiento del equipo (Hansen et al., 2018).

El control adecuado de estos factores facilita la identificación de oportunidades de ahorro sin afectar la calidad del producto final. Por ejemplo, la optimización del consumo de materia prima a través de una mejor selección de insumos o la reducción del desperdicio generado durante el proceso de corte puede traducirse en mejoras relevantes en la eficiencia económica del proceso productivo.

Pluxee (2023) afirma que “una estructura de costos eficiente se logra cuando las empresas identifican correctamente cada elemento del proceso y asignan los recursos de manera proporcional a su contribución en la generación de valor” (párr. 4). Esto implica que la optimización de costos debe sustentarse en datos reales del proceso productivo y no de supuestos generales.

1.2.1.3 Estrategias de optimización industrial

La optimización de recursos en la industria moderna se sustenta en la aplicación de diversas filosofías y metodologías de gestión productiva. Estas herramientas están orientadas a incrementar la eficiencia operativa, reducir los desperdicios y promover procesos de mejora continua dentro de los sistemas de manufactura. Entre las metodologías más reconocidas se encuentran Lean Manufacturing, Kaizen y el análisis costo-beneficio, las cuales constituyen referentes teóricos y prácticos para alcanzar una reducción sostenible de los costos de producción.

- **Lean Manufacturing**

El Lean Manufacturing, también conocido como manufactura esbelta, es una filosofía de gestión que se originó en el sistema de producción de Toyota durante la década de 1950. Su propósito principal es la eliminación de todo tipo de

desperdicio, denominado *muda*, y el enfoque de la producción en aquellas actividades que generan valor real para el cliente (Ohno, 1988). Bajo este enfoque, el proceso se vuelve eficiente al identificar y suprimir de manera sistemática las actividades que no aportan valor.

La filosofía Lean, según lo que establecen Womack & Jones (2003), se sustenta en un conjunto de principios fundamentales que orientan su aplicación práctica. Se incluyen la identificación del valor desde el punto de vista del cliente, el análisis del flujo de valor, la generación de flujos continuos de producción y la implementación de sistemas *pull* o de producción bajo demanda. A estos principios se suma la búsqueda permanente de la perfección a través de la mejora continua como eje central de la gestión productiva.

La aplicación de Lean Manufacturing permite reducir inventarios, tiempos de espera, sobreproducción, movimientos innecesarios y defectos, todo lo cual contribuye directamente a la optimización de los costos de producción (Liker, 2020).

Liker & Morgan (2018), sostienen que “Lean no se limita a la reducción de desperdicios, sino que promueve una cultura organizacional basada en el aprendizaje, la participación y la búsqueda permanente de la eficiencia global del sistema” (p.48). Esta filosofía ha demostrado ser particularmente eficaz en industrias donde el consumo de materia prima tiene un peso dominante, como la fabricación de envases metálicos.

- **Kaizen y mejora continua**

El Kaizen (de japonés *kai* = cambio y *zen* = para mejor) es una metodología de gestión que busca mejoras incrementales continuas mediante la participación de todos los niveles de la organización (Imai, 2014). Su objetivo es generar pequeñas mejoras sostenidas en el tiempo que, acumulativamente, producen grandes impactos en la productividad y calidad. Según Liker (2020), “el Kaizen es el corazón de la filosofía Lean, ya que garantiza que la mejora no requiera de grandes inversiones tecnológicas, sino de la creatividad y el compromiso del personal” (p. 103).

Una serie de principios operativos que buscan la mejora continua de los procesos productivos sostienen la perspectiva Kaizen. La implicación de todos los participantes en el proceso y la priorización del análisis y optimización de los procedimientos sobre los resultados finales son algunos de ellos. Otro principio importante es fomentar transformaciones graduales y sostenibles que tengan la capacidad de mantenerse en el tiempo. Además, es necesario estandarizar los procedimientos que han demostrado ser efectivos y medir constantemente los resultados para retroalimentar y modificar las acciones implementadas.

La implementación del enfoque Kaizen en el sector metalmecánico ha posibilitado optimizar la organización del trabajo y disminuir el desperdicio de materiales, particularmente a través de instrumentos como 5S. Asimismo, ha contribuido a la optimización de los tiempos de operación, lo que impacta de manera directa en la reducción de costos y en el fortalecimiento de una cultura de calidad dentro de las organizaciones (Vargas & Camero, 2021).

- **Análisis costo-beneficio**

El análisis costo-beneficio (ACB) es una herramienta económica utilizada para evaluar la viabilidad técnica y económica de una decisión o proyecto, comparando los costos de implementación con los beneficios esperados.

De acuerdo con Boardman et al. (2018), este procedimiento permite la cuantificación de las consecuencias de una decisión industrial y determina si el valor neto presente de los beneficios es mayor que el de los costos.

El ABC es particularmente valioso en el sector industrial para fundamentar modificaciones técnicas en los procesos de producción como la reducción del espesor, la actualización de maquinarias o al reemplazo de materiales. La propuesta puede considerarse económicamente factible si las ganancias que provienen del ahorro en materia prima o de un incremento en el rendimiento son mayores que los costos iniciales de inversión.

Hernández et al. (2014) destacan que “la evaluación económica de los proyectos de mejora en procesos industriales debe considerar tanto los

beneficios tangibles (ahorros en costos directos) como los intangibles (mejoras en calidad, reputación y sostenibilidad ambiental)” (p. 56).

1.2.2 Envases metálicos

Los envases metálicos son un componente esencial en la industria alimentaria moderna, que cumplen junto a la vez en funciones de protección, conservación, transporte y presentación del producto final. Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, estos envases constituyen un componente clave en el proceso de producción y distribución de alimentos, debido a su resistencia, durabilidad y eficiencia en términos logístico (Deshwal & Panjagari, 2019).

La industria metalmecánica ha experimentado un progreso tecnológico significativo en los últimos años, motivado por la necesidad de envases más ligeros, sostenibles y de menor costo, sin comprometer la calidad ni la seguridad del contenido. El envase en los aceros de baja aleación, los recubrimientos electrolíticos y los sistemas automatizados de soldadura ha permitido mejorar la eficiencia de producción y reducir el consumo de materia prima, especialmente en envases de hojalata destinados a conservas (Teixeira et al., 2025).

1.2.2.1 Importancia de los envases metálicos

El envase metálico desempeña un papel esencial como barrera protectora frente a agentes externos. Según Muñoz et al. (2021), “los envases de hojalata son excelentes para proteger el contenido contra la luz, el oxígeno o cualquier otro contaminante, evitando así el crecimiento de microorganismos en su interior” (p. 120).

Esta capacidad de aislamiento, junto con la resistencia mecánica y térmica del metal, permite que los alimentos sean sometidos a procesos de esterilización y tratamiento térmico, sin que el envase sufra deformaciones o pérdidas de hermeticidad. Además, los envases metálicos poseen una elevada reciclabilidad, lo que los convierte en una alternativa alineada con los principios de la economía circular y la sostenibilidad ambiental (Dey & Agrawal, 2016).

1.2.2.2 Propiedades técnicas del envase

Desde el punto de vista técnico, los envases metálicos se caracterizan por combinar hermeticidad, resistencia y estabilidad térmica, propiedades

indispensables para mantener la calidad de los alimentos envasados. Estas cualidades dependen directamente de la composición del acero base, del espesor de la lámina, del tipo de recubrimiento y de la precisión del proceso de cierre (Can Manufacturers Institute, 2011).

Entre las principales propiedades técnicas de los envases de hojalata se pueden destacar varias características relevantes para su desempeño industrial. Una de ellas es la resistencia a la compresión axial y radial, la cual permite evitar deformaciones durante las etapas de llenado, apilamiento y transporte. Además, el envase es hermético y estanco lo que evita la entrada de aire, humedad o microorganismos que puedan poner en riesgo la inocuidad del producto.

La resistencia térmica es otra propiedad relevante, dado que el material puede aguantar temperaturas de esterilización por encima de los 115°C sin comprometer su integridad estructural. Asimismo, la hojalata funciona como un obstáculo absoluto contra la luz y los gases, lo que ayuda a evitar procesos de descomposición u oxidación de alimentos. Por último, su capacidad de reciclaje contribuye a que la sostenibilidad ambiental y la disminución de desperdicios industriales vinculados al proceso productivo sean posibles.

Dey & Agrawal (2016) afirman que la laminación doble y la disminución del espesor también conocida como *down-gauging*, en el proceso de producción de hojalata han permitido conseguir envases más livianos sin sacrificar la resistencia mecánica. Estas mejoras han ayudado a reducir el impacto ambiental y también a la reducción de costos. En este contexto, se ha incentivado la adopción de estrategias de optimización de materiales coherentes con los principios de la eficiencia productiva.

1.2.2.3 Clasificación de los envases metálicos

Los envases metálicos pueden clasificarse de acuerdo con dos criterios principales: el material de fabricación y la conformación del cuerpo del envase..

- Por **material**, los más utilizados son el acero estañado (hojalata), el acero cromado (TFS) y el aluminio. El acero estañado es el predominante en la industria alimentaria por su resistencia, maleabilidad y compatibilidad con los recubrimientos protectores (Deshwal & Panjagari, 2019).

- Por **conformación**, se distinguen los envases de tres piezas, formados por cuerpo, fondo y tapa, los cuales son los más comunes en conservas por su facilidad de fabricación, reparación y adaptación a distintos formatos de producción (Muñoz et al., 2021).

Los envases metálicos de tres piezas permiten optimizar la línea de producción mediante la aplicación de procesos automatizados como el corte, la soldadura y el rebarnizado. Gracias a estos procesos es posible alcanzar altos volúmenes de fabricación manteniendo un bajo porcentaje de desperdicio. La flexibilidad operativa que ofrecen estos sistemas los convierte en una alternativa eficiente para el envasado de alimentos, tanto en Ecuador como en otros países de la región latinoamericana.

1.2.2.4 Relevancia económica y tecnología

Además de su función de conservación, los envases metálicos representan un componente económico clave dentro de los costos de producción. En la industria metalmeccánica, el material metálico, principalmente la hojalata, puede representar más del 60% del costo total de fabricación, por lo que la gestión eficiente de este recurso resulta determinante para la rentabilidad de la empresa (Muñoz et al., 2021)

Teixeira et al. (2025) explican que la reducción del espesor del material es una de las estrategias más efectivas para disminuir el consumo de recursos y los impactos ambientales, manteniendo los mismos niveles de desempeño estructural. En este sentido, la optimización del espesor de la hojalata constituye una oportunidad técnica y económica para mejorar la competitividad del sector de envases para conservas.

Esta perspectiva se relaciona de manera directa con la aplicación del análisis costo-beneficio. A través de esta herramienta será posible evaluar en el presente proyecto la viabilidad técnica y económica de la reducción del espesor de la hojalata de 0,17mm a 0,14mm. Asimismo, el análisis permitirá cuantificar el ahorro potencial en el consumo de materia prima y examinar su efecto sobre el costo total de producción.

1.2.3 Hojalata

La hojalata es la materia prima en la fabricación de envases metálicos de tres piezas para conservas alimenticias. Es un material compuesto por una base de acero de bajo contenido de carbono recubierta con una fina capa de estaño, lo que le confiere propiedades excepcionales de resistencia mecánica, ductilidad y protección frente a la corrosión (Dey & Agrawal, 2016).

Su uso se ha mantenido vigente por más de un siglo debido a su equilibrio entre funcionalidad, economía y seguridad alimentaria, lo que la convierte en el material más empleado en la industria metalmecánica para el envasado de productos que requieren esterilización y conservación a largo plazo (Muñoz et al., 2021).

La elección de la hojalata como material para la fabricación de envases no responde únicamente a razones técnicas. También intervienen factores económicos y de sostenibilidad, ya que su estructura metálica es completamente reciclable y su proceso de producción permite reducir el espesor de las láminas sin afectar sus propiedades esenciales.

Este aspecto resulta especialmente relevante para la presente investigación, dado que la reducción controlada del espesor se plantea como una estrategia de optimización de costos. Dicha estrategia permite mantener los niveles de resistencia exigidos por las normas industriales aplicables al sector.

1.2.3.1 Definición y composición

La hojalata, también denominada *tinplate* en inglés, se define como una lámina de acero de bajo carbono recubierta en ambas caras por una capa de estaño metálico adherida electrolíticamente (Teixeira et al., 2025).

El espesor total de la lámina de hojalata puede variar entre 0,13 mm y 0,50 mm, en función de la aplicación final y del tipo de acero base empleado en su fabricación (ITRA, 2000). Esta variabilidad permite adaptar el material a distintos usos industriales sin comprometer su desempeño.

El recubrimiento de estaño cumple una doble función dentro del envase metálico. Por un lado, protege al acero frente a procesos de oxidación y

corrosión. Por otro, proporciona una superficie adecuada para el contacto con alimentos, evitando reacciones químicas que puedan alterar el sabor o la calidad del producto envasado (Deshwal & Panjagari, 2019).

Esta estructura bicapa (acero-estaño) combina la resistencia del acero con la inercia química del estaño, lo que confiere a la hojalata su alta estabilidad frente a agentes externos y su capacidad de ser soldada, rebarnizada y litografiada para fines decorativos o de identificación comercial (Cedeño, 2015).

1.2.3.2 Propiedades físico-mecánicas

Las propiedades de la hojalata determinan su comportamiento durante el corte, soldadura, rebarnizado y cierre hermético del envase.

Entre las propiedades más relevantes de la hojalata empleada en envases metálicos se destacan diversos aspectos que influyen directamente en su desempeño durante el proceso productivo. Una de ellas es la **resistencia a la tracción**, expresada en MPa, la cual depende del temple del acero base y del grado de laminación; valores elevados permiten trabajar con menores espesores sin que se produzcan deformaciones indeseadas.

La conformabilidad y la ductilidad son otras propiedades relevantes, pues garantizan que la lámina resista de manera apropiada los procesos de pestañeado y formado sin mostrar fisuras. Igualmente, para impedir que el recubrimiento se desprenda y prevenir la corrosión interna, es fundamental la adherencia del revestimiento de estaño.

El comportamiento del acero se ve afectado por la dirección del grano sobre todo en lo que respecta a cómo se orienta la deformación durante las operaciones de soldadura y corte. Finalmente, el **espesor y su uniformidad** determinan tanto el rendimiento del material como el comportamiento térmico del envase durante los procesos de esterilización (Horngren et al., 2012).

El equilibrio entre estas propiedades se logra mediante una adecuada selección del tipo de acero base, del temple correspondiente (T50, T52, T57, T61 y T65) y del espesor óptimo. En el caso de los envases destinados a conservas, este espesor suele situarse entre 0,14 mm y 0,18 mm, rango que asegura una

resistencia mecánica suficiente y un uso eficiente de la materia prima. De esta manera, se contribuye al cumplimiento de los objetivos de reducción de costos y sostenibilidad del proceso productivo (Muñoz et al., 2021).

1.2.3.3 Tipos de acero base

El acero base utilizado en la fabricación de hojalata se clasifica principalmente en tres tipos, los cuales presentan diferencias relevantes en sus propiedades mecánicas y químicas. El **tipo L (Low Residual)** corresponde a un acero de bajo contenido de carbono y alta pureza, recomendado para productos alimenticios de acidez media. El acero **tipo MR (Medium Residual)** es un acero de uso general, resistente a la corrosión y muy utilizado en la producción de recipientes para conservas. El **tipo MC (Medium Carbon)**, en cambio tiene un contenido más alto de carbono, lo cual le otorga una rigidez superior y se emplea sobre todo en empaques no alimentarios (ITRA, 2000).

Cada uno de estos tipos de acero tiene variaciones en cuanto a resistencia química, dureza y maleabilidad. Esto afecta directamente en la elección del temple y el espesor de la lámina. En el caso de los envases metálicos de tres piezas, el acero tipo MR es el más utilizado, debido a su comportamiento estable durante la soldadura eléctrica y el proceso de rebarnizado. Además, este tipo de acero muestra una adecuada compatibilidad con los recubrimientos internos empleados en envases para alimentos (Cedeño, 2015).

1.2.3.4 Hojalata ETP y TFS

En la industria metalmecánica se emplean principalmente dos materiales para la fabricación de envases metálicos: la hojalata tradicional conocida como ETP (*Electrolytic Tinplate*) y el acero cromado libre de estaño denominado TFS (*Tin Free Steel*). Las propiedades específicas de ambos materiales afectan su uso en los procedimientos productivos.

La hojalata ETP se distingue por tener una capacidad de soldadura más alta, ser más maleable y resistir la corrosión de manera apropiada. Esto permite que sea utilizada en procedimientos de conformado y soldadura. Por otro lado, el TFS es más asequible y tiene una superficie más dura, no obstante, este material

necesita adhesivos específicos para cerrar o aplicar recubrimientos, lo que restringe su uso en algunos tipos de envases (Dey & Agrawal, 2016).

Según el documento técnico, Industria metalgráfica (documento técnico) (2023), la soldadura eléctrica longitudinal no es adecuada para acero cromado. Esto ocurre porque su revestimiento impide una conducción uniforme de la corriente eléctrica, lo cual puede provocar microfisuras y errores en la costura del envase. Por esta razón, la hojalata ETP sigue siendo el material más apropiado para la producción de envases metálicos soldados de tres piezas, sobre todo en los productos que se someten a altas presiones térmicas a lo largo de su procesamiento.

1.2.3.5 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de la hojalata varían en función del tipo de producto y de los requerimientos propios del proceso de fabricación. En el caso de los envases metálicos de tres piezas destinados a conservas, las normas internacionales recomiendan una serie de parámetros que aseguran un desempeño adecuado del material.

Entre las especificaciones más relevantes se encuentran el espesor de la lámina, que se sitúa generalmente entre 0,14 mm y 0,17 mm, así como el temple recomendado, el cual suele encontrarse en el rango T52 a T61, dependiendo del nivel de resistencia requerido. Además, el recubrimiento de estaño puede tener valores de 2,8/2,8 g/m² o 5,6/5,6 g/m², mientras que el ancho de la lámina normalmente oscila entre 850mm y 950mm. Respecto al acabado superficial, este puede ser mate o brillante, dependiendo de la aplicación concreta del envase (*Ficha Técnica Envase de Tres Piezas, 2023*).

Estas especificaciones garantizan un funcionamiento óptimo del material en las etapas de corte, soldadura y rebarnizado, lo cual previene que se formen fisuras o que se despegue el recubrimiento. Específicamente, el costo de producción se ve afectado directamente por la elección del espesor, pues define la cantidad de lámina que se emplea por cada envase. Este contexto, si se disminuye de manera controlada el espesor del material, pasando de 0,17mm a 0,14mm, puede haber un ahorro considerable en la cantidad de materia prima

utilizada. Esto se logra sin comprometer la integridad estructural del envase ni dejar de cumplir con las normas de seguridad alimentaria.

1.2.3.6 Relación entre espesor, peso y rendimiento

En la industria metalmecánica, la hojalata se comercializa por peso (toneladas) y no por longitud de lámina. Por lo tanto, el espesor del material influye directamente en el rendimiento que se obtiene por cada bobina. A menor espesor, mayor longitud de lámina por tonelada, lo que permite fabricar una cantidad superior de envases sin incrementar el costo de adquisición (Horngren et al., 2012).

Este principio constituye uno de los fundamentos del presente estudio. La reducción del espesor optimiza la utilización de la materia prima al aprovechar la extensión de la longitud y aumentar las unidades de cada tonelada fabricada.

Este efecto cuantitativo puede medirse en un análisis costo-beneficio y aumenta la eficiencia económica del costo de producción. De acuerdo con los criterios del análisis costo-beneficio, este efecto puede medirse cuantitativamente, demostrando que la reducción del espesor, dentro del límite técnico seguro, optimiza la eficiencia económica de la línea de producción (Boardman et al., 2018).

1.2.4 Proceso de fabricación

La fabricación de envases metálicos de tres piezas constituye un proceso industrial altamente estandarizado, cuyo objetivo es transformar láminas de hojalata en un envase hermético, resistente y apto para la conservación de alimentos. Este proceso combina operaciones mecánicas, térmicas y electrolíticas que deben ejecutarse con alta precisión para cumplir con los requisitos de calidad, seguridad alimentaria y uniformidad dimensional. Según el Can Manufacturers Institute (2011), la eficiencia del proceso depende en gran medida del espesor y propiedades del material, así como de la calibración de las máquinas involucradas.

Los envases metálicos de tres piezas están compuestos por el cuerpo, el fondo y la tapa. Se diferencian de otros tipos de envases porque el cuerpo se fabrica a partir de una lámina rectangular que se enrolla y se une mediante

soldadura eléctrica longitudinal. La tecnología utilizada en este proceso, como las líneas automáticas Soudronic, permite producir miles de envases por hora, asegurando una adecuada uniformidad del producto y la minimización del desperdicio durante la fabricación (Soudronic AG, 2011).

1.2.4.1 Recepción y control de materia prima

El proceso inicia con la recepción de bobinas de hojalata, las cuales se adquieren por peso (toneladas). Cada bobina debe ser verificada antes de ingresar a producción mediante inspección de espesor, ancho útil, recubrimiento de estaño, planitud y ausencia de defectos superficiales.

De acuerdo con Muñoz et al. (2021), una correcta evaluación de la materia prima es indispensable, ya que “el 68% del costo total del envase corresponde al material metálico” (p. 122).

El control del espesor resulta crítico dentro del proceso productivo. Variaciones mínimas pueden generar defectos en la soldadura, la aparición de fisuras o problemas durante el rebarnizado. Además, estas variaciones influyen de manera directa en el rendimiento por bobina, ya que una hojalata de menor espesor permite obtener una mayor longitud de lámina por tonelada de material procesado (Horngren et al., 2012).

1.2.4.2 Corte y preparación de la lámina

Una vez realizada la inspección inicial, la bobina se introduce en la cizalla circular, donde se efectúa el corte longitudinal para obtener tiras con el ancho requerido. Posteriormente, estas tiras pasan por una cizalla tipo guillotina o *slitter*, la cual realiza el corte transversal para formar los rectángulos conocidos como cuerpos. Dichos cuerpos presentan dimensiones específicas que corresponden al formato del envase a fabricar.

Esta etapa exige un control preciso del alineamiento y de las cuchillas para evitar rebabas, microscopías de borde, curvatura o tensiones indeseadas, que podrían afectar la calidad de la soldadura (Cedeño, 2015).

1.2.4.3 Formación y soldadura del cuerpo

Esta es la fase más crítica del proceso. Los cuerpos rectangulares se enrollan mediante un sistema mecánico que da forma cilíndrica a la lámina, solapando los bordes para realizar una soldadura eléctrica por resistencia.

Los equipos empleados para la soldadura automática de envases metálicos son fabricados por la empresa suiza Soudronic y están diseñados para operar a altas velocidades, incluso con espesores delgados de hojalata. De acuerdo con Soudronic AG (2011), durante este proceso es necesario controlar una serie de parámetros clave que influyen directamente en la calidad de la costura soldada.

Entre las variables que deben ajustarse se encuentran la presión de soldadura, la corriente aplicada, la velocidad de avance del cuerpo del envase y el control del solapado. Estas condiciones dependen de manera directa del espesor del material utilizado. En este sentido, una disminución del espesor, como el cambio de 0,17 mm a 0,14 mm, exige ajustes precisos en la presión y en la alineación del sistema con el fin de evitar roturas del material, la aparición de puntos fríos o la formación de soldaduras incompletas.

Asimismo, el documento técnico Industria metalgráfica (documento técnico) (2023), explica que el recubrimiento de hojalata tipo ETP favorece una conducción eléctrica homogénea a lo largo de la costura soldada. En contraste, el acero cromado libre de estaño (TFS) presenta limitaciones asociadas a su acabado superficial más duro y a su menor conductividad eléctrica, lo que incrementa la probabilidad de fallas en la soldadura. Esto reafirma que la hojalata ETP constituye el material más adecuado para los procesos de soldadura eléctrica longitudinal en envases metálicos de tres piezas.

1.2.4.4 Sistema de recubrimiento de costura

Luego de la soldadura, el envase pasa a un sistema de recubrimiento de costura, donde se aplica barniz protector en el interior y sobre la costura externa. Esta capa sirve para:

- evitar la oxidación del cordón de soldadura,
- evitar el contacto directo con los alimentos.

Estos recubrimientos pasan por un proceso de curado por medio de quemadores, cuyo tiempo y temperatura deben calibrarse según el tipo de recubrimiento (Muñoz et al., 2021).

Un mal curado puede provocar, ampollamiento o falta de adherencia del barniz.

1.2.4.5 Entallado, acordonado y pestañado

Después del proceso de rebarnizado, el cuerpo del envase se somete a una serie de operaciones mecánicas destinadas a preparar las uniones con la tapa y el fondo. Estas operaciones garantizan que el envase se ensamble correctamente y que su estructura funcione adecuadamente durante su uso.

Una de estas etapas es el **entallado**, que consiste en disminuir un poco el diámetro superior del cuerpo para facilitar la colocación de la tapa posteriormente. El siguiente paso es el **acordonado**, que consiste en crear refuerzos circulares que aumentan la resistencia axial del envase y mejora su estabilidad mecánica. Finalmente, se lleva a cabo el **pestañado**, operación que consiste en doblar el borde del cuerpo del envase con el fin de facilitar la formación de la costura doble tanto con el fondo como con la tapa

Estas operaciones deben ser uniformes para evitar deformaciones, fugas o fallas durante la esterilización en autoclave (Can Manufacturers Institute, 2011).

1.2.4.6 Cierre de fondo y tapa

Finalmente, el fondo y la tapa se unen a el cuerpo mediante el proceso de costura doble, que garantiza la hermeticidad del envase. Este proceso involucra dos operaciones:

- **Primera operación:** engargola fondo y cuerpo;
- **Segunda operación:** aplasta y compacta la unión, logrando un cierre hermético.

1.2.4.7 Controles de calidad en la fabricación del envase

El control de calidad es transversal a todo el proceso y garantiza que el envase cumpla con las normas de seguridad alimentaria. Entre las principales pruebas se encuentran:

- Medición dimensional del cuerpo y costuras,
- inspección visual del rebarnizado,
- prueba de hermeticidad,
- prueba de vacío interno,
- resistencia de compresión axial,
- prueba de esterilización simulada.

De acuerdo con Can Manufacturers Institute (2011), la hermeticidad y la estabilidad mecánica constituyen criterios críticos en los envases destinados a conservas. Esto se debe a que cualquier falla en estas condiciones puede comprometer la inocuidad del alimento y favorecer procesos de deterioro microbiológico.

1.2.5 Estructura de costos

La estructura de costos en las industrias manufactureras representa un elemento fundamental dentro del análisis económico aplicado a la fabricación de envases metálicos, en especial aquellos destinados a la conservación de alimentos. Comprender la forma en que se conforman los costos de producción permite identificar oportunidades de optimización y analizar la viabilidad económica de propuestas orientadas a reducir el consumo de materia prima, como ocurre en el caso de la disminución del espesor de la hojalata en envases de tres piezas.

En la elaboración de envases metálicos, los costos se dividen generalmente en tres categorías: los costos directos de materiales, los costos de mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. El costo final del envase y la rentabilidad total del proceso de producción son afectados de manera diferente por cada uno de estos componentes por eso su análisis es esencial para tomar decisiones económicas (Horngren et al., 2012).

1.2.5.1 Composición del costo total de fabricación

La materia prima constituye el elemento predominante en el costo total de producción de envases de hojalata. Varios estudios técnico-industriales reportan que este material puede representar entre el 60% y el 70% del costo total,

dependiendo del formato del envase, del espesor empleado y del proceso asociado (Muñoz et al., 2021).

El costo total de fabricación se compone de varios elementos que intervienen de manera directa e indirecta en el proceso productivo. Los **materiales directos** que comprenden barnices, tapas, fondos y hojalata además de los lubricantes y las piezas de repuesto menores requeridas para el funcionamiento, forman parte de ellos.

La mano de obra directa es otro elemento relevante que consiste en los operarios que intervienen en las fases de cizalla, soldadura, rebarnizado y cierre del envase.

Los **costos indirectos de fabricación** incluyen los gastos relacionados con el consumo de energía eléctrica la depreciación de las máquinas, el mantenimiento preventivo y correctivo, la supervisión, el control de calidad, el uso de aire comprimido. También abarcan los costos que se originan a partir de paros de línea y tiempos improductivos (Hansen et al., 2018).

Entre todos estos elementos, la hojalata representa el costo dominante dentro de la estructura de fabricación. Por esta razón, el espesor del material y su rendimiento adquieren un papel determinante para alcanzar una reducción significativa en el costo unitario del envase.

1.2.5.2 Participación de la hojalata en el costo

Según Muñoz et al. (2021), “la hojalata representa aproximadamente el 68% del costo total del envase”, debido a que se trata del insumo base del cuerpo, el fondo y la tapa, además de ser un material que se comercializa por tonelada y cuyo precio está sujeto a la volatilidad del mercado del acero.

Esta alta proporción de participación significa que cualquier modificación en el espesor del material, en el rendimiento por tonelada o en la cantidad de residuos producidos durante la producción afecta directamente el costo final del envase. En este contexto, un espesor mayor se traduce en un mayor peso por cuerpo, lo que disminuye el número de cuerpos por bobina y como resultado, eleva el costo unitario de producción. Por el contrario, un espesor menor permite

obtener una mayor longitud de lámina por tonelada, lo que se refleja en un mayor número de cuerpos por bobina y en una disminución del costo unitario.

Esta relación técnica explica por qué las estrategias de optimización de costos se concentran principalmente en el *down-gauging* o reducción del espesor del material. No obstante, esta estrategia solo resulta viable cuando la resistencia mecánica y la hermeticidad del envase se mantienen dentro de los rangos aceptables establecidos por las normas técnicas aplicables (Dey & Agrawal, 2016).

1.2.5.3 Relación entre espesor, peso y costo unitario

La hojalata se compra por peso y no por superficie, lo cual convierte al espesor en un factor determinante del costo. A menor espesor, mayor rendimiento por tonelada, lo que significa que se obtiene más metros de lámina y, por ende, más cuerpos de envase con el mismo costo de adquisición.

El rendimiento por tonelada mantiene una relación inversa con el espesor de la lámina, lo que puede expresarse de forma simplificada como $R \propto 1/e$, siempre que el ancho útil y la densidad del material permanezcan constantes. Esta relación hace posible comprender el efecto directo que tiene el espesor sobre la utilización del material

En términos prácticos, una reducción del espesor del 17 %, como pasar de 0,17mm a 0,14mm, puede derivar en un aumento proporcional más alto de cuerpos producidos por tonelada de hojalata. Esta mejora en la productividad contribuye a disminuir el costo por unidad del cuerpo del envase, sin necesidad de incrementar la inversión en materia prima (Boardman et al., 2018). Adicionalmente, el menor espesor reduce el peso por unidad fabricada, lo que genera beneficios asociados a la disminución de los costos de transporte, manejo y almacenamiento.

1.2.5.4 Costos por desperdicio y defectos

El desperdicio metálico representa un costo adicional que debe ser gestionado de manera eficiente dentro del proceso productivo. En la fabricación de envases metálicos de tres piezas, los principales puntos de generación de desperdicios se presentan durante el corte longitudinal y transversal realizado en

las cizallas, así como en los recortes laterales asociados al ajuste del ancho útil de la lámina. Estos factores incluyen también las recuperaciones o repases que pueden ser requeridos después del proceso de rebarnizado, así como los rechazos provocados por fallas en la soldadura.

Como el material es costoso cada kilogramo de hojalata desechada representa un gasto directo considerable. Por lo tanto, para reducir el nivel de desperdicio es crucial llevar a cabo planes como la correcta medición de los parámetros de soldadura, la elección del espesor más adecuado y la calibración exacta de las cizallas. Estas acciones permiten disminuir el costo total del proceso y mejorar la eficiencia económica de la fabricación de envases (Cedeño, 2015).

1.2.5.5 Herramientas de análisis económico

Para calcular el efecto financiero que tienen las modificaciones técnicas o materiales, como la disminución del espesor de la hojalata, en el proceso de producción, se emplean diversos instrumentos de análisis económico. Estas herramientas facilitan la estimación de los costos y beneficios, así como el impacto que tienen en la eficiencia operativa.

El análisis de este tipo se basa principalmente en las siguientes herramientas: el cálculo del costo unitario por tonelada de hojalata y por lote; la aplicación del costo estándar por el proceso, así como el análisis de la relación entre los costos, el volumen y la utilidad. Asimismo, se toman en cuenta los indicadores de eficiencia y productividad de la línea, que permiten medir el desempeño operativo del sistema productivo. Estas herramientas también incluyen el análisis costo beneficio que se aplica con frecuencia en la evaluación económica de proyectos industriales.

La herramienta principal de esta investigación es el análisis costo beneficio, ya que posibilita una comparación sistemática entre los gastos vinculados con el cambio de espesor (como los ajustes de maquinaria, las pruebas técnicas y las calibraciones necesarias) y las ganancias económicas previstas. Algunas de estas ventajas son la disminución del desecho producido durante el proceso de

producción, la reducción del uso de materia prima y el incremento del rendimiento por tonelada.

Según Boardman et al. (2018), una propuesta de optimización puede considerarse económicamente viable cuando “el valor presente de los beneficios supera el valor presente de los costos” (p. 45). Esta metodología resulta especialmente útil en procesos industriales como los del sector metalmeccánico, donde el uso eficiente de la hojalata puede traducirse en ahorros económicos significativos.

1.2.6 Reducción de espesor

La reducción del espesor de la hojalata constituye una de las estrategias más efectivas para optimizar costos en la industria metalmeccánica, siempre que se mantengan los requisitos mínimos de resistencia mecánica, el hermeticidad y seguridad alimentaria. Este enfoque, conocido en la industria como *down-gauging*, consiste en disminuir el calibre del material metálico sin comprometer su funcionalidad, permitiendo incrementar el rendimiento por tonelada y reducir el costo unitario del envase Dey & Agrawal (2016).

En este contexto, la presente investigación se orienta al análisis de la viabilidad técnica y económica de la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. Este cambio se plantea como parte de una estrategia alineada con los principios de eficiencia productiva y optimización de recursos propios de la ingeniería industrial.

1.2.6.1 Fundamentos técnicos del cambio de espesor

El espesor de hojalata es una variable crítica en la fabricación de envases metálicos, ya que influye directamente en:

- la resistencia mecánica del envase,
- su comportamiento frente a presiones internas y externas,
- la calidad de la soldadura y rebarnizado,
- y el consumo total de material por unidad.

Dey & Agrawal (2016) señalan que los avances alcanzados en los procesos de laminación en frío y en la técnica de doble reducción (*double reduction*) han permitido fabricar hojalata de menor espesor con propiedades mecánicas equivalentes, e incluso superiores, a las de materiales más gruesos. De este modo, es posible disminuir el espesor del material sin comprometer la integridad estructural del envase, manteniendo su desempeño durante el uso industrial (p.4).

En el caso de los envases metálicos de tres piezas, el espesor recomendado suele ubicarse entre 0,14 mm y 0,18 mm. Este rango asegura condiciones adecuadas de estabilidad dimensional, hermeticidad y resistencia mecánica durante las etapas de procesamiento y tratamiento térmico del producto (Ficha Técnica del Envase de Tres Piezas, 2023).

1.2.6.2 Efectos del espesor sobre las propiedades del envase

La disminución del espesor tiene efectos directos sobre el desempeño del envase, que deben ser considerados cuidadosamente:

Resistencia mecánica

Una lámina más delgada posee menor sección transversal, lo que podría reducir la resistencia axial del envase. Sin embargo, si el acero base presenta un temple adecuado (T52 - T61), la resistencia se mantiene estable y el envase soporta sin problemas el apilamiento o la compresión durante el llenado (Muñoz et al., 2021).

Hermeticidad de la soldadura longitudinal

La soldadura por resistencia depende del espesor del material, ya que este influye en la corriente eléctrica y en la presión de rodillos. Según el *SPA Instruction Manual* (2011), la soldadora Soudronic puede trabajar con espesores delgados, siempre que se ajusten parámetros como el solapamiento, juego de rodillos y velocidad de línea.

Comportamiento térmico

El uso de envases con menor espesor favorece una transferencia de calor más eficiente durante el proceso de esterilización. Esta condición puede contribuir a la reducción del tiempo requerido para el tratamiento térmico y a una mejor estabilidad térmica del alimento envasado, sin afectar su inocuidad ni calidad (Deshwal & Panjagari, 2019).

1.2.6.3 Ahorro teórico en consumo de material

Dado que la hojalata se compra por peso y no por superficie, el espesor determina la longitud total de lámina disponible en una bobina. La relación es inversamente proporcional:

$$\text{Longitud de lámina} \propto \frac{1}{\text{espesor}}$$

Por lo tanto:

- una lámina de 0,17 mm produce menos cuerpos por toneladas.
- una lámina de 0,14 mm produce más cuerpos por toneladas,
- sin que varíe el costo de adquisición del material.

Teixeira et al. (2025) afirman que la reducción del espesor es una de las estrategias más eficaces para “disminuir el consumo de materia prima y reducir el impacto económico y ambiental del proceso productivo” (p. 2215).

En el presente proyecto, el ahorro asociado a la reducción del espesor será cuantificado mediante la aplicación de un análisis costo–beneficio. Para ello, se considerará el número de cuerpos obtenidos por tonelada de hojalata, el costo unitario por envase y el ahorro generado en periodos mensuales y anuales. Asimismo, se evaluará el impacto económico total derivado de la implementación de esta alternativa técnica.

1.2.6.4 Rendimiento por tonelada de hojalata

El rendimiento se calcula por el número de unidades de envases que pueden fabricarse por tonelada de materia prima. Este cálculo depende del:

- espesor de la lámina,
- ancho útil de la bobina.

En términos prácticos:

$$\text{Unidades de envases por tonelada} = \frac{1 \text{ bobina de hojalata (Ton)}}{\text{peso de cada envase (kg)}}$$

Y:

$$\text{Peso de cada envase} = \text{Área} \times \text{espesor} \times \text{densidad del acero}$$

Una disminución del espesor genera una reducción proporcional del peso por desarrollo, aumentando el rendimiento total. Este comportamiento será demostrado numéricamente en el capítulo analítico de la tesis.

1.2.6.5 Beneficios industriales esperados

La reducción del espesor genera múltiples beneficios:

- Disminución del costo unitario del envase,
- Incremento del rendimiento por tonelada,
- Disminución del desperdicio en corte,
- Mejor eficiencia térmica,
- Contribución a la sostenibilidad ambiental,
- Mejor competitividad para la empresa fabricante.

Estos beneficios están alineados con los principios del Lean Manufacturing, la economía circular y las estrategias globales para reducir el impacto ambiental en la industria del empaque metálico (Teixeira et al., 2025).

1.3 Marco Conceptual

El marco conceptual reúne las definiciones esenciales que permiten comprender las categorías teóricas implicadas en esta investigación. Estas definiciones facilitan la interpretación técnica y científica de los conceptos empleados a lo largo del estudio, especialmente aquellos relacionados con la fabricación de envases metálicos, la hojalata como materia prima, los procesos de soldadura, el espesor del material y la optimización de costos. A continuación, se presentan las principales definiciones utilizadas en el desarrollo del proyecto.

Envase metálico

Se denomina envase metálico al recipiente elaborado a partir de acero estañado o acero cromado, cuya función principal es proteger, conservar y facilitar el transporte de alimentos. Su diseño se basa en una estructura hermética que ofrece resistencia frente a la luz, la humedad y la acción de microorganismos, contribuyendo así a mantener la calidad e inocuidad del producto envasado (Deshwal & Panjagari, 2019).

Envase de tres piezas

Envase metálico compuesto por tres elementos: cuerpo, fondo y tapa. El cuerpo se obtiene a partir de una lámina rectangular que se forma y se une mediante soldadura longitudinal por resistencia eléctrica (Can Manufacturers Institute, 2011).

Hojalata (ETP - Electrolytic Tinplate)

La hojalata, conocida como ETP (*Electrolytic Tinplate*), corresponde a una lámina de acero de bajo contenido de carbono que ha sido recubierta electrolíticamente con estaño en ambas caras. Este material se caracteriza por presentar una adecuada resistencia mecánica, una excelente soldabilidad y buenas propiedades anticorrosivas, razones por las cuales se ha consolidado como el principal insumo en la fabricación de envases destinados al contacto con alimentos (Dey & Agrawal, 2016).

Espesor de la hojalata

Grosor de la lámina metálica expresado en milímetros (mm). Es un parámetro crítico que determina el peso del envase, su resistencia estructural y el rendimiento por tonelada de material (Teixeira et al., 2025).

Temple del acero

Grado de dureza y resistencia mecánica del acero base de la hojalata. Se clasifica en grados como T52, T57, T61, etc., y determina la capacidad del material para soportar el proceso de soldadura, pestañeado y compresión (ITRA, 2000).

Soldadura por resistencia eléctrica.

Proceso utilizado para unir los bordes del cuerpo del envase mediante calor generado por el paso de corriente eléctrica y presión mecánica, formando una costura longitudinal hermética (Soudronic AG, 2011).

Rebarnizado

Aplicación de una capa protectora de barniz en la zona de la soldadura interna y externa del envase, cuyo propósito es evitar la corrosión, garantizar compatibilidad alimentaria y proteger la costura durante el procesamiento térmico (Muñoz et al., 2021).

Costura doble (Double Seam)

La costura doble, conocida como *double seam*, es el método de cierre empleado para unir el fondo y la tapa al cuerpo del envase metálico. Este proceso se realiza mediante dos operaciones consecutivas en las que el metal se pliega y comprime de forma controlada, con el objetivo de garantizar la hermeticidad del envase y la seguridad del producto envasado (Can Manufacturers Institute, 2011).

Rendimiento por tonelada

La cantidad de cuerpos de envase que se pueden producir a partir de una tonelada de hojalata procesada se conoce como rendimiento por tonelada. Este indicador tiene una relación directa con el espesor del material y con el peso del desarrollo del envase, aspectos que impactan en la utilización de la materia prima y en el costo unitario de producción (Boardman et al., 2018).

Optimización de costos

Proceso orientado a disminuir el costo total de producción a través de la disminución de desperdicios, la mejora en las operaciones, la elección correcta de materiales y la utilización eficiente de los recursos (Horngren et al., 2012).

Down-gauging (reducción del espesor)

Estrategia industrial que busca incrementar la eficiencia económica y disminuir el uso de materia prima, reduciendo el espesor de la lámina metálica sin comprometer la resistencia ni la funcionalidad del envase. (Dey & Agrawal, 2016).

Análisis costo-beneficio

El análisis costo–beneficio es un instrumento de evaluación económica que permite la comparación entre los costos relacionado con una decisión específica y las ganancias que produce. Según Boardman et al. (2018), su aplicación permite establecer si una alternativa es económicamente viable, analizando la relación entre los recursos invertidos y los resultados obtenidos

1.4 Marco legal y ambiental

El marco legal y ambiental comprende el conjunto de normas, regulaciones e instrumentos internacionales y nacionales que orientan la fabricación de envases metálicos destinados al contacto con alimentos. Estas disposiciones garantizan que los procesos productivos cumplan con estándares de inocuidad, seguridad, calidad, minimización del impacto ambiental, protección del consumidor y sostenibilidad industrial.

Dentro de esta investigación, que se centra en la optimización de costos mediante la reducción del espesor de la hojalata en envases metálicos de tres piezas es imprescindible garantizar que la propuesta permanezca dentro de los límites establecidos por las normas vigentes. En este sentido, este apartado reúne las normas importantes a nivel internacional, ecuatoriano y ambiental que rigen el uso del material y la evolución del proceso de producción y las características del producto final.

1.4.1 Normativa internacional aplicable a envases metálicos

1.4.1.1 Codex Alimentarius

El Codex Alimentarius, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece normas internacionales orientadas a garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena productiva. En relación con los materiales de envase, el Codex exige que estos no transfieran sustancias tóxicas al alimento, mantengan la hermeticidad del envase y preserven la calidad fisicoquímica y microbiológica del producto durante su vida útil (Codex Alimentarius Commission, 2019).

El Codex Alimentarius, aunque no determina espesores específicos para los materiales metálicos empleados en envases, si estipula que la inocuidad y la estabilidad del alimento deben mantenerse intactas ante cualquier cambio realizado sobre estos materiales. En este escenario, para que el espesor de la hojalata disminuya es necesario garantizar que no ocurran interacciones químicas desfavorables y que la seguridad del producto envasado permanezca intacta durante su procesamiento y almacenamiento.

Estas disposiciones son plenamente aplicables a los envases metálicos fabricados con hojalata, cuyo recubrimiento, tipo de acero base y control del proceso deben asegurar la compatibilidad alimentaria independientemente del espesor utilizado.

1.4.1.2 Directiva 94/62/CE sobre envases y residuos de envases

La Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo establece los requisitos esenciales relativos al diseño, composición, reutilización, reciclabilidad y valorización de los envases, incluidos los envases metálicos. Esta normativa promueve la reducción del impacto ambiental asociado a los envases mediante principios de:

- minimización del material utilizado,
- optimización del peso del envase,
- facilidad de recuperación y reciclaje,
- reducción de residuos generados.

La reducción del espesor de la hojalata resulta coherente con estas exigencias normativas, siempre que se conserven las propiedades mecánicas y funcionales del envase. Entre estas propiedades se incluyen la resistencia estructural, la hermeticidad y la aptitud del material para el contacto con alimentos. Bajo este enfoque, el cambio de espesor evaluado en la presente investigación se enmarca en los lineamientos de diseño sostenible promovidos por la normativa europea aplicable al sector de envases metálicos.

1.4.1.3 Norma ISO aplicables

La norma **ISO 9001:2015** establece los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad y resulta aplicable al control de los procesos productivos en la fabricación de envases metálicos. Su alcance incluye operaciones como el corte de la lámina, la soldadura, el rebarnizado y el cierre del envase. La implementación de esta norma contribuye a la estandarización de los procesos, al control de la variabilidad operativa y a la trazabilidad del producto final a lo largo de la línea de producción.

Por su parte, la norma ISO 14001:2015 regula los sistemas de gestión ambiental y exige a las organizaciones industriales implementar prácticas orientadas a la reducción del impacto ambiental, el uso eficiente de los recursos y la prevención de la contaminación (International Organization for Standardization, 2015a, 2015b).

Ambas normas resultan pertinentes para el desarrollo de la presente investigación, dado que la reducción del espesor de la hojalata debe ejecutarse dentro de un sistema de gestión que asegure la calidad del producto final y, al mismo tiempo, contribuya a la mejora del desempeño ambiental del proceso productivo.

1.4.2 Normativa ecuatoriana (INEN) aplicable a envases metálicos

En el Ecuador, el **Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)** ha establecido normas técnicas que regulan tanto los envases metálicos destinados al contacto con alimentos como los materiales empleados en su fabricación. Estas disposiciones constituyen un marco de referencia obligatorio para garantizar la seguridad, calidad e inocuidad de los productos envasados.

1.4.2.1 INEN 1810:2016 - Envases metálicos para alimentos

La norma **INEN 1810:2016** establece los requisitos técnicos que deben cumplir los envases metálicos destinados al contacto con alimentos. Entre los aspectos regulados se incluyen la hermeticidad del envase, la resistencia mecánica, la calidad del cierre doble, las características del recubrimiento interior y las tolerancias dimensionales admisibles.

En este sentido, cualquier reducción en el espesor de la hojalata debe garantizar que el envase continúe cumpliendo con dichos requisitos, asegurando la integridad estructural, la seguridad alimentaria y el adecuado desempeño funcional durante su vida útil

1.4.2.2 INEN 1866:2013 - Materiales en contacto con alimentos

La norma **INEN 1866:2013** establece los límites de migración y los criterios de compatibilidad química entre los materiales de envase y los alimentos. Su aplicación tiene como objetivo garantizar que la hojalata y sus recubrimientos no liberen partículas o compuestos que puedan comprometer la inocuidad del

producto, garantizando así la salud del consumidor final (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Esta normativa es particularmente importante cuando se evalúan modificaciones en el espesor del material, pues requiere que las condiciones de seguridad se mantengan sin importar los cambios geométricos del envase.

1.4.2.3 INEN-ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad

La norma **ISO 9001:2015**, adoptada en el Ecuador como **INEN-ISO 9001:2015**, establece que los procesos industriales deben contar con controles documentados relacionados con la calibración de equipos, la gestión de desperdicios, las inspecciones de calidad y la trazabilidad del producto. Estos aspectos resultan especialmente relevantes en la fabricación de envases metálicos de tres piezas, donde la estabilidad del proceso es determinante.

El cumplimiento de esta norma permite asegurar que la reducción del espesor de la hojalata se implemente bajo condiciones controladas y repetibles, minimizando la variabilidad del proceso y garantizando la calidad del envase durante todas las etapas de producción

1.4.3 Normativa y lineamientos ambientales aplicables

La sostenibilidad constituye un elemento transversal en la industria metalmecánica. La hojalata es ampliamente reconocida por su alta reciclabilidad y su bajo impacto ambiental comparado con otros materiales.

1.4.3.1 Reciclabilidad del acero y la hojalata

El acero puede reciclarse de forma infinita sin perder sus propiedades. Dey & Agrawal (2016), explican que el reciclaje de hojalata reduce hasta un 74% del consumo energético respecto a producir acero desde materia prima virgen.

El uso de un espesor menor genera diversos beneficios a lo largo del ciclo productivo del envase. En primer lugar, permite disminuir la cantidad de material utilizada por unidad fabricada, lo que se traduce en un menor consumo de recursos. Además, esta reducción contribuye a disminuir la energía requerida durante la producción del material y a minimizar la huella de carbono asociada

al envase. Finalmente, el menor peso del producto terminado mejora las condiciones logísticas, facilitando su transporte, manipulación y almacenamiento

1.4.3.2 Evaluación de ciclo de vida (ACV)

Teixeira et al. (2025) demostraron que una de las estrategias más efectivas para disminuir el impacto ambiental del envase metálico es la reducción del espesor, ya que esto reduce la demanda de acero y las emisiones asociadas a su fabricación.

La reducción del espesor de 0,17 mm a 0,14 mm se considera ambientalmente favorable, siempre que se garantice la integridad estructural y el cumplimiento de las normas alimentarias.

1.4.4 Pertinencia normativa de la propuesta

La propuesta de reducir el espesor de la hojalata se encuentra alineada con las disposiciones normativas vigentes a nivel nacional e internacional. En primer lugar, esta alternativa es coherente con la Directiva 94/62/CE, al promover la minimización del uso de material en los envases. Asimismo, resulta compatible con los lineamientos establecidos por el **Codex Alimentarius**, ya que la reducción del espesor no compromete la inocuidad de los alimentos envasados.

De igual manera, la propuesta se ajusta a las normas INEN aplicables en materia de resistencia mecánica, hermeticidad y migración de materiales, garantizando el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos para envases metálicos destinados al contacto con alimentos. Reducir el espesor contribuye a hacer más efectiva la aplicación de la **ISO 14001** desde una perspectiva medioambiental, porque reduce el impacto ambiental vinculado con el consumo de materias primas. En última instancia, esta estrategia promueve prácticas de economía circular al propiciar un uso más eficiente del acero en el ciclo de producción

Por lo tanto, la propuesta que se ha presentado está correctamente alineada con el marco legal técnico y medioambiental en vigor, ya sea a nivel nacional o internacional.

1.5 Hipótesis y variables

La formulación de hipótesis y la definición de las variables constituye un componente esencial del marco metodológico, ya que permite establecer relaciones verificables entre los elementos centrales del estudio. En la presente investigación, las variables se vinculan a la relación entre el espesor de la hojalata y la optimización de los costos de producción en envases metálicos de tres piezas.

1.5.1 Hipótesis

Hipótesis General

H1: La reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm en la fabricación de envases metálicos de tres piezas se relaciona con una optimización de los costos de producción, asociada al mayor rendimiento del material y a la variación del costo unitario del envase, sin comprometer las propiedades técnicas requeridas.

Hipótesis Específicas

H1.1: La disminución del espesor de la hojalata podría generar una reducción del peso por desarrollo, incrementando el número de cuerpos obtenidos por tonelada de material procesado.

H1.2: El costo unitario del envase se reduce al disminuir el espesor del material, ya que la cantidad de hojalata consumida por unidad producida es menor.

H1.3: No se observan efectos relevantes sobre la hermeticidad la resistencia mecánica o el comportamiento térmico del envase cuando hay fluctuaciones en el espesor de la hojalata dentro de los límites técnicos permitidos.

H1.4: El análisis de costo beneficio permitirá comprobar que los beneficios económicos obtenidos de la reducción del espesor sean mayores que los gastos relacionados con las adecuaciones y validaciones del proceso productivo.

1.5.2 Variables de la investigación

Las variables se definieron conforme a los objetivos y enfoque cuantitativo del estudio.

Variable Independiente (V.I.): Espesor de la hojalata

- **Tipo:** cuantitativa continua
- **Niveles:** 0,17mm (estado actual) y 0,14mm (propuesta).
- **Definición:** grosor de la lámina de hojalata utilizada como materia prima, expresado en milímetros (mm).

Variable Dependiente (V.D.): Optimización de costos de producción

- **Tipo:** cuantitativa continua
- **Indicadores:** costo unitario, rendimiento por tonelada, porcentaje de ahorro, reducción de desperdicio.
- **Definición:** disminución del costo total y unitario del envase mediante un uso más eficiente de la materia prima y aumento del rendimiento por tonelada.

1.5.3 Operacionalización de Variables

La operacionalización de las variables permite identificar y medir de manera cuantitativa y objetiva los elementos que intervienen en la investigación. A continuación, se presentan las dimensiones, indicadores y técnicas de medición tanto de la variable independiente como de la variable dependiente del estudio.

1.5.3.1 Operacionalización de la Variable Independiente.

Variable Independiente: Espesor de la hojalata

La variable independiente corresponde al espesor de la hojalata, el cual influye en el peso del desarrollo, el rendimiento por tonelada y el costo de producción del envase. Esta variable es cuantitativa y continua

Tabla 1

Operacionalización de la Variable Independiente

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Técnica / Instrumento
Espesor de la hojalata	Grosor de la lámina metálica utilizada para la fabricación del cuerpo del envase, expresado en milímetros (mm), determinante en el peso por unidad y el rendimiento por tonelada (Dey & Agrawal, 2016).	Espesor del material	Espesor (mm): 0,17 y 0,14	Medición con micrómetro
				Revisión de fichas técnicas
				Documentos técnicos de producción

Fuente: Elaboración propia.

1.5.3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable Dependiente: Optimización de los costos de producción

La variable dependiente se refiere al grado de reducción del costo total y unitario del envase, a través del uso eficiente de la materia prima y del aumento del rendimiento productivo.

Tabla 2

Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Técnica / Instrumento
Optimización de costos de producción	Proceso orientado a la reducción del costo total y unitario del envase mediante el uso eficiente de la materia prima, el aumento del rendimiento y la disminución del desperdicio (Horngren, Datar & Rajan, 2012).	Consumo de material	Costo unitario por envase (USD)	Análisis costo–beneficio
		Rendimiento	Número de cuerpos por tonelada	Registros de producción
		Costos directos	Porcentaje de ahorro (%)	Cálculos técnico–económicos
			Porcentaje de desperdicio (%)	Registros de producción

Fuente: Elaboración propia.

1.5.4 Modelo Conceptual

El modelo conceptual constituye la representación esquemática de la relación causal entre las variables del estudio. Su función es estructurar de forma visual y lógica cómo la variable independiente influye en la variable dependiente, de acuerdo con la hipótesis planteada y el enfoque cuantitativo de la investigación.

En el desarrollo del presente proyecto, el espesor de la hojalata, considerado como variable independiente, se relaciona directamente con la optimización de los costos de producción, definida como variable dependiente. Esta relación se expresa a través de su impacto en el peso del desarrollo del envase, la productividad por tonelada de material, el consumo de materia prima y el costo unitario de producción.

Esta relación se basa en los principios de la eficiencia productiva y en el análisis costo-beneficio, que determina que una modificación es económicamente factible si las ventajas superan los costos relacionados con su implementación (Boardman et al., 2018)

1.5.4.1 Relación teórica entre las variables

Variable Independiente (V.I.): Espesor de la hojalata (mm)

Determina: El espesor de la hojalata constituye la variable independiente del estudio y se expresa en milímetros. Este parámetro técnico determina el peso por desarrollo del envase, la longitud de lámina aprovechable por tonelada de material y el rendimiento obtenido por bobina. Asimismo, el espesor influye en la procesabilidad del material durante las etapas de soldadura, rebarnizado y cierre, condicionando el comportamiento del envase a lo largo del proceso productivo.

Variable dependiente (V.D.): Optimización de los costos de producción

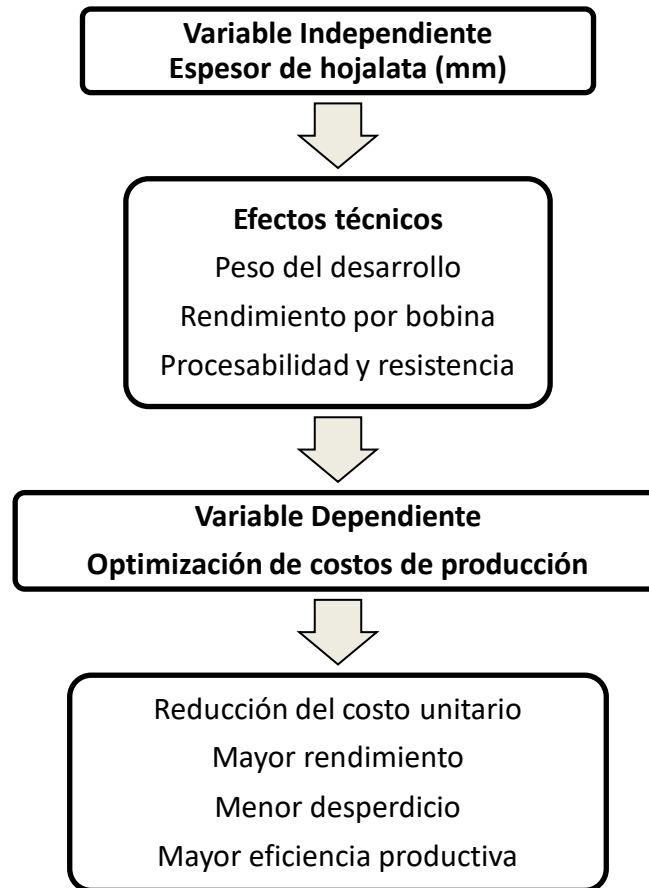
La optimización de los costos de producción corresponde a la variable dependiente y se manifiesta a través de diversos indicadores económicos y operativos. Entre ellos se incluyen la reducción del costo unitario del envase, el incremento del número de envases producidos por tonelada de hojalata, la

disminución del desperdicio generado y la mejora de la eficiencia global del proceso productivo.

1.5.4.2 Esquema del modelo conceptual

Figura 1

Modelo Conceptual de la Investigación



Fuente: Elaboración propia.

1.5.4.3 Explicación del modelo conceptual

El modelo demuestra que la reducción del espesor, siempre que se mantenga dentro de los rangos técnicos establecidos para envases de tres piezas, produce un efecto positivo en la optimización de costos, debido a:

- menor peso del desarrollo,
- mayor número de cuerpos por tonelada,
- ahorro económico directo en materia prima,
- disminución proporcional del costo unitario del envase,
- y reducción del impacto ambiental asociado al consumo de acero.

Este comportamiento es consistente con las teorías de eficiencia productiva y con estudios previos que respaldan el uso de hojalata delgada como alternativa viable en proceso en metalmecánicos (Dey & Agrawal, 2016).

1.6 Marco Metodológico

El marco metodológico que se presenta detalla los métodos y técnicas que se usarán para llevar a cabo la investigación orientada a la optimización de costos de producción de envase metálico de tres piezas por medio de la reducción del espesor de la hojalata. La investigación se llevará a cabo con un enfoque cuantitativo y experimental en la que se modificará de manera experimental la variable independiente (espesor de la hojalata) para medir su influencia sobre la variable dependiente (optimización de los costos productivos). Por otra parte, se detallará la modalidad de investigación, el enfoque, el nivel, la población y muestra, adicionalmente las técnicas de recolección y procesamiento de datos, con el fin de garantizar la validez, confiabilidad y replicabilidad de los resultados obtenidos.

1.6.1 Modalidad Básica de la Investigación

La presente investigación se realizará como modalidad experimental, debido a que se modificará sistemáticamente la variable independiente, correspondiente al espesor de la hojalata utilizada en la fabricación de envases metálicos de tres piezas, evaluándose dos niveles de estudio: 0,17 mm (condición actual) y 0,14 mm (condición propuesta).

El diseño experimental permitirá evaluar los efectos que genera la variación del espesor sobre la variable dependiente, relacionada con la optimización de los costos de producción, considerando indicadores técnicos y económicos tales como el rendimiento por tonelada de material, el costo unitario del envase, el porcentaje de desperdicio y el comportamiento mecánico del envase.

Las pruebas se desarrollarán en condiciones reales de campo, manteniendo constantes los demás parámetros del proceso productivo, con el fin de aislar el efecto del espesor del material y obtener resultados confiables medibles y comparables, propios de una investigación experimental en el campo de la ingeniería industrial

1.6.2 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que se basa en la recolección, medición y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de

pruebas experimentales y registros del proceso productivo. La investigación se orientará a cuantificar el impacto de la reducción del espesor de la hojalata sobre los costos de producción de envases metálicos de tres piezas, mediante indicadores técnicos y económicos medibles.

Se consideran el rendimiento por tonelada de hojalata, el costo unitario de producción y el peso del desarrollo del envase como las principales variables que se pueden cuantificar en la investigación. Además, se estudia el porcentaje de desperdicio y los resultados de las pruebas mecánicas de hermeticidad y resistencia del envase.

La información recolectada será procesada por medio de métodos de análisis comparativo y estadística descriptiva lo que hará posible una evaluación objetiva de las diferencias entre los espesores de hojalata analizados

1.6.3 Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es experimental y explicativo, porque se busca analizar y explicar la relación causa-efecto existente entre la diferencia de espesores de la hojalata y la optimización de los costos de producción en la fabricación de envases metálicos de tres piezas

A través de este diseño experimental, se evaluará cómo la reducción del espesor de la hojalata influye en el rendimiento del material, y el costo unitario de producción, permitiendo explicar las causas técnicas y económicas que justifican la viabilidad del cambio propuesto. Este nivel de investigación posibilita comprobar la hipótesis planteada y sustentar los resultados mediante evidencia cuantitativa y mediciones objetivas propias del proceso industrial

1.6.4 Población de Estudio

La población de estudio está constituida por la totalidad de los envases metálicos de tres piezas fabricados con el espesor 0,17 mm en las líneas de producción de la empresa Envases del Litoral, correspondientes a los formatos 211 × 106 (80 g.) de envases destinados a la industria de conservas.

Además, las bobinas de hojalata que se emplean como materia prima en la producción de dichos envases pertenecen también a la población sin importar el formato producido.

Los datos técnicos y productivos relacionados con el procedimiento de producción de los envases metálicos se incluyen también como parte de la población. Datos de consumo de material, parámetros de soldadura, rendimiento por tonelada, proporción de desechos producidos y los costos vinculados con la producción se encuentran entre estos.

Esta población se clasifica como de carácter industrial, dado que comprende el conjunto de unidades fabricadas bajo condiciones operativas reales y estandarizadas, propias del proceso productivo de la empresa.

1.6.5 Tamaño de la Muestra

Para el desarrollo del estudio experimental se seleccionará una muestra representativa conformada por lotes de producción industrial, considerando dos condiciones de estudio:

- Tres (3) lotes de envases fabricados con hojalata de espesor 0,17 mm (condición actual)
- Tres (3) lotes de envases fabricados con hojalata de espesor 0,14 mm (condición experimental)

Cada lote estará compuesto por un rango aproximado de 5.000 a 8.000 envases, de acuerdo con la capacidad productiva y el tamaño del pedido. La selección por lotes se justifica debido a la naturaleza continúa del proceso industrial, donde los envases se producen en grandes volúmenes bajo condiciones operativas constantes, lo que garantiza representatividad técnica y confiabilidad en los resultados obtenidos.

De manera referencial, el tamaño de la muestra puede sustentarse mediante la fórmula de muestreo probabilístico:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza (1,96 para un 95%)

p = probabilidad de ocurrencia (0,5)

q = probabilidad de no ocurrencia (0,5)

E = error máximo permitido (5%)

No obstante, es importante señalar que la presente investigación se desarrolla en un entorno industrial, por lo cual el análisis experimental se realiza a partir de **lotes completos de producción**, bajo condiciones operativas reales y estandarizadas. En este sentido, la fórmula de muestreo se presenta **de manera referencial**, ya que la evaluación del efecto del espesor de la hojalata se efectúa sobre volúmenes industriales representativos, lo cual resulta metodológicamente adecuado para estudios experimentales aplicados en procesos productivos continuos.

1.6.6 Técnicas de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se emplearán técnicas de recolección de datos conforme al enfoque cuantitativo y el diseño experimental del estudio, las cuales permitirán obtener información objetiva, medible y verificable del proceso productivo. Las principales técnicas por utilizar son las siguientes:

Observación directa en planta: se aplicará para registrar el comportamiento del material durante la transformación de la hojalata por los distintos procesos desde el corte hasta el cierre. Esta técnica permitirá identificar variaciones en el proceso y registrar parámetros operativos relevantes asociados al espesor de la hojalata.

Ensayos mecánicos y funcionales: se realizarán pruebas experimentales sobre los envases fabricados con ambos espesores, tales como resistencia axial

y radial, prueba de implosión, prueba de hermeticidad y ensayo de esterilización simulada, con el fin de evaluar el desempeño mecánico y funcional del envase.

Revisión documental: Se utilizará para el estudio informes de desperdicio, registros históricos de producción, manuales técnicos de la maquinaria y documentos asociados con los costos del procedimiento. Esta metodología posibilitará que se contrasten los datos obtenidos de manera experimental con información operativa que ya existe en la empresa

Medición y registro de datos: se emplearán para calcular los valores numéricos relacionados con las dimensiones del envase, el peso del desarrollo, el uso de materia prima la productividad por tonelada y los costos unitarios de producción. Para ello, se emplearán instrumentos de medición adecuados y formatos de registro estandarizados, que aseguren la consistencia y confiabilidad de la información recopilada.

1.6.7 Plan de recolección de datos

El proceso de recolección de datos se desarrollará de manera secuencial y sistemática, conforme al diseño experimental de la investigación, garantizando la confiabilidad y trazabilidad de la información obtenida. El plan de recolección de datos se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3

Plan de Recolección de Datos

Etap	Actividad	Responsable	Técnica	Instrumentos
1	Fabricación de envases con ambos espesores de hojalata	Técnico de planta	Observación directa	Ficha de observación, registro de parámetros
2	Evaluación del proceso de corte y soldadura	Técnico/ Supervisor	Observación y medición	Calibrador, formatos técnicos
3	Ensayos de resistencia y hermeticidad	Laboratorio de calidad	Ensayo experimental	Equipos de prueba mecánica
4	Registro del Consumo de materia prima	Supervisor de producción	Medición	Hojas de control, reportes Excel
5	Determinación del rendimiento por tonelada	Investigador	Cálculo técnico – económico	Plantillas de cálculo
6	Obtención del costo unitario de producción	Área de costos	Revisión documental	Registros financieros
7	Análisis comparativo entre espesores	Investigador	Análisis cuantitativo	Software Excel

Fuente: Elaboración propia

1.6.8 Procesamiento de la Información

La información obtenida a través de las técnicas de recolección de datos será organizada y analizada mediante métodos propios del enfoque cuantitativo.

Los datos obtenidos a partir de las pruebas experimentales y de los registros del proceso productivo en planta serán organizados y sistematizados en hojas de cálculo. Este procedimiento posibilitará un procesamiento confiable y organizado de la información recopilada, lo que facilitará el análisis posterior.

La estadística descriptiva se empleará para evaluar los resultados, haciendo uso de indicadores como promedios, porcentaje y variaciones. Estas herramientas facilitarán la comparación del comportamiento de los envases producidos con ambos espesores de hojalata. Además, se hará un análisis comparativo entre los resultados de los espesores de 0,17mm y 0,14mm, considerando indicadores técnicos y económicos como el rendimiento por tonelada, el costo unitario de producción, la cantidad de desperdicio y las conclusiones que se obtengan en las evaluaciones mecánicas.

Por último, se aplicará el análisis costo beneficio con la finalidad de determinar si es factible económicamente reducir el espesor de la hojalata. Para esto, se comparará los costos relacionados con la implementación de la modificación del espesor con las ventajas que resultan del ahorro en materia prima y de la optimización de la producción. El procesamiento de estos datos posibilitará comprobar la hipótesis formulada y fundamentar las conclusiones y sugerencias del análisis

Capítulo 2

2 Diagnóstico o Estudio de Campo

En la presente investigación se articulan los objetivos específicos planteados con el diagnóstico o campo de estudio de manera coherente, el cual permite caracterizar el estado actual del proceso productivo, el consumo de materia prima, desempeño técnico y económico de la fabricación de envases metálicos de tres piezas de la empresa Envases del Litoral.

El diagnóstico establece las bases necesarias para el posterior análisis comparativo, la evaluación del cambio de espesor y la determinación de la factibilidad técnica y financiera del uso de la hojalata de menor espesor, desarrollados en el siguiente capítulo.

2.1 Descripción de la empresa

La presente investigación se desarrolla en la empresa Envase del Litoral S.A. (objeto de estudio), perteneciente al sector metalmecánico, dedicada a la fabricación de envases destinados principalmente a la industria de conservas alimentarias, como atún y sardina. La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil – Ecuador, y abastece el mercado nacional como el internacional, cumpliendo con las normativas internacionales aplicables a materiales en contacto con alimentos.

Envases del Litoral S.A. dispone de líneas especializadas para la fabricación de envases de tres piezas, equipadas con tecnología de alta velocidad que alcanza rendimientos nominales de hasta 400 envases por minuto. Estas líneas operan bajo un esquema de producción continua, con una planificación de 2 turnos diarios de 12 horas y un promedio de operación mensual entre 25 y 26 días. Dentro de su portafolio productivo se fabrican envases de diferentes formatos, siendo uno de los más representativos el formato 211 × 106 (80 g.) ampliamente utilizado en el sector conservero.

Desde el punto de vista productivo, la empresa mantiene indicadores de eficiencia cercanos al 85%, considerados competitivos dentro del sector

metalmecánico, los cuales sirven como referencia para el análisis técnico y económico desarrollado en el presente estudio. La materia prima principal utilizada es la hojalata electrolítica (ETP), proveniente de proveedores internacionales, garantizando el cumplimiento de estándares técnicos.

Estas condiciones convierten a la empresa en un entorno industrial adecuado para el desarrollo del diagnóstico técnico y económico planteado en la presente investigación (Jacobs & Chase, 2019).

2.2 Descripción del proceso productivo actual

El proceso productivo actual para la fabricación de envases metálicos en Envases del Litoral S.A. inicia con la recepción, verificación y almacenamiento de bobinas de hojalata electrolítica (ETP), donde se inspeccionan parámetros como espesor, ancho útil y estado superficial, asegurando que la materia prima cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para la industria alimentaria.

Posteriormente, la hojalata es alimentada a la sección de corte, donde se realizan operaciones de cizallado tanto longitudinal como transversal. Estas operaciones producen láminas rectangulares llamadas desarrollos que componen el cuerpo del envase.

Estos desarrollos se introducen en la estación de formación de cuerpo, donde son curvados mecánicamente hasta alcanzar una forma cilíndrica. Después de que el cilindro ha sido formado, los bordes longitudinales se unen entre sí por medio de soldadura eléctrica por resistencia, procedimiento que es crucial para garantizar la hermeticidad del recipiente y la integridad estructural.

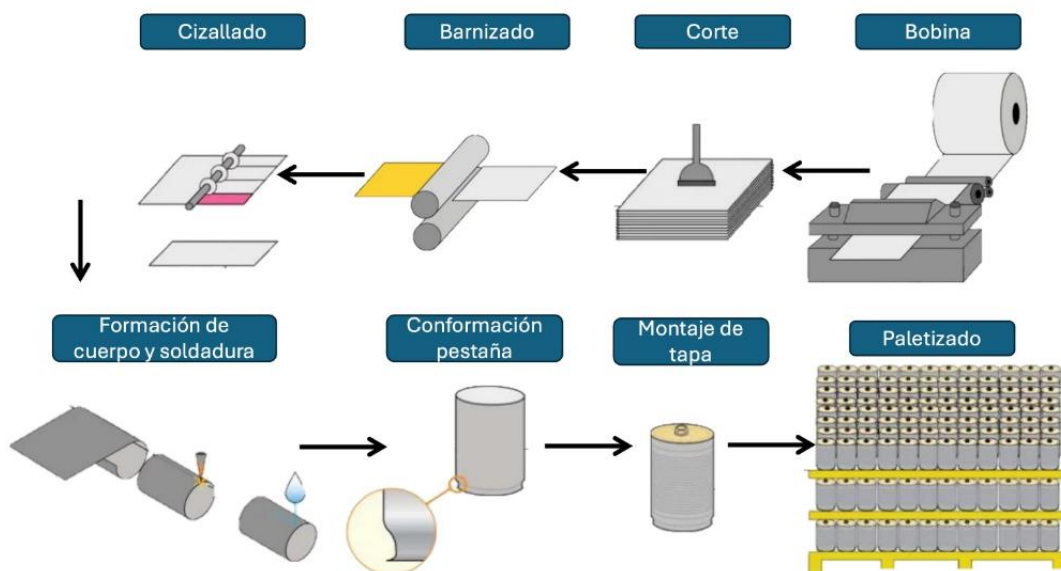
El cuerpo cilíndrico, una vez soldado, es sometido al sistema de revestimiento de la costura, en el que se le aplica un barniz que protege tanto la superficie interna como la externa. El revestimiento, posteriormente, es curado térmicamente usando quemadores.

Luego, el envase pasa por varios procesos de conformado mecánico que comprenden el pestañado y el acordonado. Estas fases posibilitan que los bordes del cuerpo sean preparados correctamente para el cierre posterior con la tapa y el fondo.

Finalmente, el proceso incorpora controles de calidad visuales y dimensionales a lo largo de la línea de producción, antes de que los envases sean enviados a la etapa de paletizado y almacenamiento, definiendo así el proceso productivo evaluado en el presente diagnóstico. El flujo general del proceso productivo se resume en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama General del Proceso Productivo



Fuente: Elaboración propia, con base en el proceso productivo de Envases del Litoral S.A.

De acuerdo con lo indicado por el Can Manufacturers Institute (2011), el adecuado funcionamiento de este proceso depende del control preciso de diversos parámetros operativos. Entre los más relevantes se encuentran el espesor del material, la corriente aplicada durante la soldadura y la velocidad de producción, los cuales deben ajustarse conforme a los manuales técnicos y a los estándares industriales establecidos para la fabricación de envases metálicos.

2.3 Situación actual del uso de hojalata (0,17 mm)

En la línea de producción analizada, la fabricación de envases metálicos de tres piezas se realiza actualmente utilizando los siguientes parámetros de hojalata, como lo describe la tabla 4

Tabla 4

Características del Material Base

Parámetro	Descripción actual
Tipo de material:	Hojalata electrolítica (ETP)
Espesor nominal:	0,17 mm
Acero base:	MR/L
Calidad del material:	TH550 (DR-8)
Recubrimiento de estaño:	2,20 / 2,20 g/m ²
Ancho útil de bobina:	934 mm
Peso promedio de bobina:	9.500 kg
Aplicación:	Cuerpos soldados, tapa
Formato del envase:	211 × 106 (80 g.)
Desarrollo del cuerpo:	206,60 mm
Altura del cuerpo:	38,25 mm
Diámetro del cuerpo:	65 mm
Peso promedio del cuerpo:	10,75 g
Integración al proceso:	Compatible con parámetros de corte, soldadura y recubrimiento

Fuente: Elaboración propia

Las propiedades más relevantes del material base que se está empleando en la fabricación del cuerpo del envase se muestra en la tabla 4. De acuerdo con (ITRA, 2000), la hojalata electrolítica de 0,17mm satisface los estándares técnicos y normativos requeridos para su aplicación en envases para la industria alimentaria, asegurando un rendimiento estable a lo largo de las fases de cizallado, soldadura longitudinal, conformación mecánica y recubrimiento de costura.

2.4 Identificación del problema en el proceso actual

A partir del análisis de los procesos productivos y del uso actual de la hojalata, se identifica que el principal aspecto crítico del proceso se relaciona con el alto impacto de la materia prima en la estructura de costos de producción. La hojalata representa uno de los insumos más relevantes en términos económicos, con los que, fluctuaciones en su consumo, afectan de manera significativa el costo unitario del envase.

Adicionalmente, el espesor seleccionado influye directamente en el rendimiento del material por tonelada procesada. Esta condición pone de manifiesto la necesidad de analizar alternativas técnicas orientadas a optimizar el aprovechamiento de la hojalata, sin afectar la calidad, la seguridad ni la funcionalidad del envase metálico.

El problema identificado no se relaciona con fallas operativas, dimensionales o de calidad del producto. Por el contrario, responde a la existencia de una oportunidad de mejora en la eficiencia del uso de los recursos, dentro de un proceso productivo que actualmente opera de forma estable y controlada.

2.5 Análisis del rendimiento actual por tonelada

El rendimiento por tonelada de hojalata constituye un indicador técnico clave para analizar el nivel de aprovechamiento de la materia prima en el proceso de fabricación de envases metálicos de tres piezas. Dado que la hojalata se adquiere por peso, este indicador permite determinar la cantidad de envases fabricados a partir de 1 tonelada de material bajo las condiciones actuales de operación, considerando tanto el consumo de efectivo como las pérdidas inherentes en el proceso productivo (Muñoz et al., 2021).

Los valores que se presentan en la Tabla 5 reflejan el desempeño real del proceso bajo las condiciones actuales de operación y constituyen la línea base para el análisis del consumo de materia prima:

Tabla 5

Producción Actual por Tonelada

Indicador	Condición actual
Tipo de material:	Hojalata electrolítica (ETP)
Espesor de hojalata:	0,17 mm
Formato del envase:	211 × 106 (80 g.)
Peso promedio del cuerpo del envase:	10,75 g
Peso promedio de bobina:	9.500 kg
Rendimiento promedio por tonelada:	94.824 envases/ton
Rendimiento promedio por bobina:	900.831 envases/bobina
Nivel de eficiencia productiva:	85%
Pérdidas consideradas:	Recortes, ajustes operativos y desperdicios del proceso
Condición operativa:	Producción continua a alta velocidad

Fuente: Elaboración propia

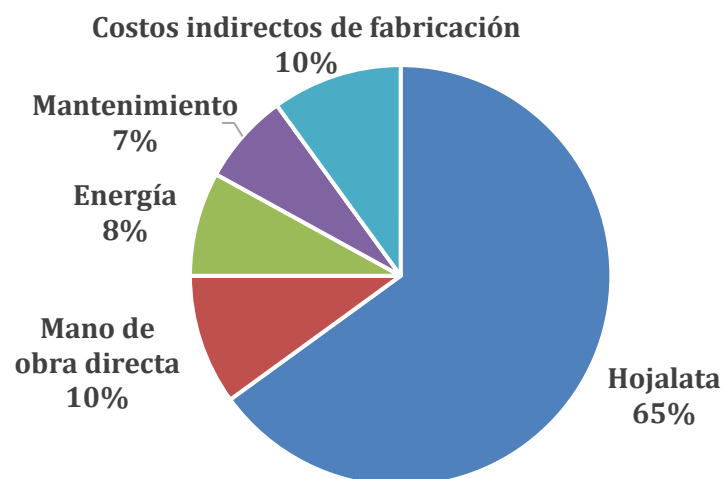
2.6 Análisis del costo unitario actual del envase

El costo unitario del envase metálico constituye un indicador económico relevante para describir el desempeño financiero del proceso productivo bajo las condiciones actuales de operación. En la fabricación de envases metálicos de tres piezas, este costo se encuentra determinado por la combinación de diversos componentes entre los que destacan la materia prima metálica, la mano de obra directa, el consumo energético, el mantenimiento de equipos y los costos indirectos de fabricación, siendo la hojalata el insumo de mayor incidencia dentro de la estructura total de costos (Horngren et al., 2012).

El porcentaje de participación de los componentes se muestra en la siguiente gráfica:

Grafica 1

Participación de Componentes para el Coste Unitario



Fuente: Elaboración propia

En la línea de producción analizada, la hojalata electrolítica de espesor 0,17 mm representa aproximadamente el 65% del costo unitario del envase, debido a que se adquiere por peso y se consume en grandes volúmenes durante la producción. El costo promedio de adquisición de la hojalata se sitúa en los USD 1.450 por tonelada, valor que incluye impuestos y gastos logísticos asociados a su importación y abastecimiento.

En la Tabla 6 se presentan los valores económicos asociados a la determinación del costo unitario del envase bajo las condiciones actuales de operación.

Tabla 6

Valores asociados al Coste Unitario del Envase

Concepto evaluado	Magnitud registrada	Unidad
Precio promedio de la hojalata	1.450	USD/tonelada
Cantidad de envases obtenidos por tonelada	94.824	unidades
Costo del material del cuerpo por envase	0,0153	USD/unidad
Costo total del material metálico por envase*	0,0257	USD/unidad

Nota: El porcentaje corresponde a la participación promedio del material metálico dentro de la estructura total de costos.

Fuente: Elaboración propia

Desde una perspectiva diagnóstica, el análisis del costo unitario permite caracterizar la participación de la materia prima dentro de la estructura de costos del proceso, estableciendo una referencia económica del estado actual de la fabricación de envases metálicos de 3 piezas (Hansen et al., 2018).

2.7 Diagnóstico técnico de proceso

Desde el punto de vista técnico, el proceso productivo presenta determinadas etapas críticas que resultan sensibles a la variación del espesor del material. Esta condición se manifiesta con mayor relevancia durante la soldadura longitudinal y en las operaciones de conformado mecánico del envase.

La maquinaria empleada en la línea de producción opera dentro de rangos definidos de espesor, velocidad y presión. Dichos parámetros han sido establecidos tanto por las especificaciones del fabricante de los equipos como por la experiencia operativa acumulada en la empresa a lo largo del tiempo.

El diagnóstico técnico desarrollado permite identificar los límites operativos actuales y las condiciones bajo las cuales el proceso mantiene su estabilidad, calidad y seguridad. Este análisis no implica la implementación de modificaciones en el proceso, sino la caracterización de los requerimientos técnicos que deberá cumplir cualquier alternativa de material que se evalúe en etapas posteriores del estudio.

2.8 Síntesis del diagnóstico

El estudio de campo realizado permitió caracterizar integralmente el proceso productivo, el uso actual de la hojalata y el desempeño técnico y económico asociado a la fabricación de envases metálicos de tres piezas. Los resultados obtenidos constituyen una línea base sólida que sustenta el análisis comparativo y la evaluación de factibilidad técnica y económica que se desarrollan en el siguiente capítulo.

Capítulo 3

3 Propuesta de Mejora

3.1 Planteamiento técnico de la mejora propuesta

En el proceso de fabricación de envases metálicos de tres piezas, la hojalata constituye uno de los principales componentes dentro de la estructura de costos de producción. Actualmente, la empresa utiliza hojalata con un espesor de 0,17 mm para la fabricación del cuerpo del envase, lo cual garantiza la funcionalidad y calidad del producto, pero limita el rendimiento por tonelada de materia prima y genera un mayor consumo de material.

Ante este escenario, surge la necesidad de evaluar técnicamente la viabilidad de reducir el espesor de la hojalata a 0,14 mm, manteniendo los requisitos funcionales, mecánicos y de calidad del envase, con el propósito de optimizar el rendimiento productivo, disminuir el consumo de materia prima y reducir los costos asociados al proceso de fabricación

3.2 Evaluación técnica de la hojalata de 0,14 mm

La evaluación técnica de la hojalata de **0,14 mm** tiene como finalidad determinar si este material presenta las condiciones necesarias para ser utilizado en la fabricación de envases metálicos tipo tres piezas, manteniendo la integridad estructural, la funcionalidad del envase y el cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad exigidos por la industria alimentaria. Este análisis se desarrolla considerando las propiedades mecánicas del material, su comportamiento funcional durante el proceso productivo y su compatibilidad con las condiciones operativas actuales de la línea de fabricación.

3.2.1 Características mecánicas de la hojalata de 0,14 mm

En esta sección se analizan las propiedades físicas y mecánicas que la hojalata de menor espesor (0,14 mm) debe cumplir para garantizar la integridad estructural del envase durante las etapas de conformado, llenado y uso final.

La reducción del espesor impacta directamente en la rigidez del cuerpo del envase; por ello, el análisis considera los siguientes parámetros técnicos fundamentales:

- **Límite elástico y resistencia a la tracción:** Se examina si el material seleccionado tiene valores iguales o más altos que los de la hojalata empleada en la actualidad, con el propósito de contrarrestar la reducción de rigidez geométrica vinculada a un espesor inferior

- **Dureza (temple):** se analiza la utilización de hojalata con un temple alto, como ocurre en el caso de materiales con doble reducción (DR8). El propósito de esta evaluación es garantizar que el empaque conserve una resistencia apropiada ante cargas de compresión axial a lo largo de las etapas de llenado transporte y apilamiento

- **Capacidad de deformación:** se evalúa el comportamiento del material durante las operaciones de expansión y pestañado. Este análisis permite verificar que la reducción del espesor no afecte la ductilidad necesaria del acero, evitando la aparición de fallas por fractura durante el conformado del envase.

A continuación, se presenta la tabla que sirve de base para validar si las propiedades del nuevo material se ajustan a los estándares requeridos en comparación con el material actual (0,17mm):

Tabla 7*Características Técnicas*

Parámetro técnico evaluado	Material Actual (Referencia)	Material Propuesto (0,14 mm)	Objetivo de la Evaluación
Espesor nominal	0,17mm	0,14 mm	Analizar la reducción del consumo de acero por envase
Temple (Hardness)	DR8	DR8	Mantener la rigidez mecánica ante la disminución de espesor
Resistencia Axial	Estándar de línea	≥ Valor de referencia	Verificar que no exista colapso del cuerpo del envase

Nota: La evaluación técnica se orienta a verificar que la reducción del espesor no afecte el desempeño estructural del envase durante las etapas

Fuente: Elaboración propia, con base información técnica de ITRA (2000) y Deshwal & Panjagari (2019).

Los resultados de la Tabla 7 evidencian que, mediante la selección de un temple adecuado, la hojalata de 0,14 mm puede compensar la reducción de espesor, manteniendo niveles de resistencia compatibles con los requerimientos estructurales del envase.

3.2.2 Propiedades funcionales relevantes para envases de tres piezas

Además de las propiedades mecánicas, la hojalata empleada en la fabricación de envases metálicos de tres piezas debe cumplir con una serie de requisitos funcionales que aseguren su adecuado desempeño tanto durante el proceso productivo como en el uso final del envase. Estas propiedades resultan determinantes para garantizar la calidad, seguridad y funcionalidad del producto destinado a la industria de conservas.

La capacidad de soldar eléctricamente es uno de los factores más importantes, pues el material debe posibilitar una conducción constante de la corriente a lo largo de la soldadura longitudinal, con el fin de impedir que aparezcan defectos en la costura del cuerpo del envase. Asimismo, la hojalata debe ser compatible con los recubrimientos para que la superficie posibilite que los barnices internos y externos se adhieran correctamente, de esta forma se garantiza la protección contra procesos corrosivos

Otra propiedad funcional importante corresponde a la **estabilidad dimensional** del material, la cual debe mantenerse durante las etapas térmicas asociadas al curado de los recubrimientos y durante los procesos de esterilización del producto envasado. Asimismo, el comportamiento del cuerpo del envase debe garantizar la **hermeticidad**, asegurando un cierre adecuado con el fondo y la tapa, sin la presencia de fugas, deformaciones o pérdidas de integridad estructural.

En este contexto, la hojalata de 0,14 mm, cuando es seleccionada con especificaciones adecuadas de acero base y recubrimiento, presenta un comportamiento funcional compatible con los requerimientos técnicos de los envases metálicos de tres piezas utilizados en la industria de conservas

3.2.3 Requisitos técnicos del proceso productivo

La implementación de un cambio en el espesor de la hojalata requiere verificar, en primer lugar, la compatibilidad del material con los parámetros técnicos del proceso productivo actualmente en operación. Para garantizar que la alteración sugerida no cause inestabilidad ni tenga un impacto en el rendimiento de las diferentes etapas de producción del envase, este análisis es imprescindible.

Para prevenir que la creación de rebabas interfiera con los procesos posteriores, durante la etapa de corte en cizalla es necesario que el material tenga un control del borde apropiado y estabilidad dimensional. La capacidad de la hojalata para hacer rolada sin causar demasiadas deformaciones se evalúa durante la formación del cuerpo, garantizando una geometría cilíndrica consistente.

De la misma manera, en la soldadura eléctrica longitudinal, el grosor del material más pequeño requiere un ajuste apropiado de parámetros como la alineación del sistema, la corriente aplicada y la presión para conservar la integridad de la costura. Durante las fases de curado y rebarnizado, es necesario que el revestimiento tenga una adherencia y resistencia térmica adecuadas para asegurar la protección del envase. Por último, el material debe tener un comportamiento estable en las operaciones de pestañas y acordonado durante el conformado mecánico sin crear deformaciones ni fisuras

El análisis técnico realizado indica que el proceso productivo puede adaptarse al uso de hojalata de 0,14 mm mediante ajustes operativos controlados. Estas adecuaciones no requieren modificaciones estructurales en la maquinaria existente, lo que favorece la viabilidad técnica de la propuesta.

3.2.4 Compatibilidad de la hojalata de 0,14 mm con el proceso actual

La compatibilidad de la hojalata de 0,14 mm con el proceso productivo actual se evalúa a partir de la relación entre sus propiedades mecánicas y funcionales y los requisitos técnicos definidos en cada una de las etapas de fabricación de envases metálicos de tres piezas. Esta perspectiva permite un análisis exhaustivo del rendimiento del material en las condiciones reales de operación.

Las operaciones de corte, la conformación del cuerpo, la soldadura longitudinal, la aplicación de recubrimientos y el acondicionamiento final del envase son tenidos en cuenta en el análisis. Se examina el comportamiento del material en cada una de estas etapas en relación con los parámetros operativos existentes para asegurar que la modificación del espesor no afecte la calidad del producto final ni ponga en riesgo la estabilidad del proceso.

La evaluación de compatibilidad, en términos técnicos e industriales, no busca la implementación inmediata del cambio del material, sino más bien determinar si el espesor de 0,14mm está dentro de los límites operativos establecidos por el proceso y la maquinaria instalada. Se examina si el material es capaz de ser procesado sin producir fluctuaciones operativas, fallos repetidos o desvíos en la calidad del envase final.

Los criterios de validación técnica incluyen el espesor admisible en línea, la soldabilidad por resistencia eléctrica, la capacidad de conformado durante el rolado y pestañado, la estabilidad del cuerpo del envase, la adherencia de los recubrimientos y el cumplimiento de los requisitos de compatibilidad alimentaria.

Tabla 8

Criterios de Validación Técnica

Requisito del proceso	Valor requerido por el proceso	Hojalata 0,14 mm	Estado de validación
Espesor admisible en línea	0,17 mm	0,14 mm	Dentro del rango
Soldabilidad por resistencia	Adecuada para soldadura longitudinal continua	Compatible según especificación ETP	Dentro del rango
Capacidad de conformado (rolado)	Sin fisuras ni deformación permanente	Comportamiento dúctil esperado	Dentro del rango
Estabilidad dimensional	Mantener tolerancias geométricas del cuerpo	Dentro de tolerancias	Dentro del rango
Adherencia de recubrimiento	Compatible con barniz interno y externo	Superficie apta para recubrimiento	Dentro del rango
Resistencia mecánica mínima	Soportar operaciones de entallado y pestañado	Cumple según propiedades del acero base	Dentro del rango
Compatibilidad alimentaria	Cumplimiento normas para contacto con alimentos	ETP grado alimentario	Dentro del rango

Fuente: Elaboración propia, con base en requisitos del proceso productivo y especificaciones técnicas de hojalata (Can Manufacturers Institute, 2011; ITRA, 2000).

Los resultados del análisis comparativo indican que la hojalata de 0,14 mm cumple con los requisitos técnicos exigidos por el proceso de fabricación de envases de tres piezas, manteniéndose dentro de los rangos operativos

establecidos. En consecuencia, el cambio de espesor no implicaría la necesidad de realizar modificaciones estructurales en la maquinaria ni ajustes significativos en los parámetros de operación, siempre que se mantengan las especificaciones técnicas del material evaluado.

De este modo, la compatibilidad técnica del espesor de 0,14 mm con el proceso productivo actual constituye el sustento técnico para el análisis del impacto en el proceso de fabricación y para la evaluación de la factibilidad técnica y económica que se desarrollan en las secciones posteriores del presente capítulo.

3.3 Análisis comparativo de los costos de producción

En esta sección se presenta el análisis comparativo de los costos de producción asociados al uso de hojalata de 0,17 mm y 0,14 mm en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. El análisis se enfoca en el consumo de materia prima y su incidencia directa en el costo unitario del envase, manteniendo constantes las condiciones operativas del proceso productivo, el formato del envase y el precio por tonelada de la hojalata.

Como la hojalata se compra según el peso, bajar su espesor no cambia el costo por tonelada del material, sin embargo, sí aumenta la productividad ya que posibilita una longitud lineal mayor que se puede utilizar por bobina. Este aumento en el rendimiento se manifiesta en una cantidad superior de envases producidas por cada unidad de masa, que es la base del ahorro económico analizado.

3.3.1 Comparación del rendimiento productivo

La longitud lineal de hojalata disponible por bobina fue calculada para determinar el rendimiento productivo teniendo en cuenta la geometría del cuerpo del envase y un peso constante del material. Para esto, se utiliza la densidad del material, la masa de la bobina, el espesor y el ancho de la hojalata, esto posibilita calcular la longitud total que se puede aprovechar y por lo tanto cuántos envases se fabrica.

La fórmula general que se emplea para calcular la longitud lineal de hojalata es la siguiente:

$$L = \frac{m}{\rho \cdot e \cdot a}$$

En donde:

- L : longitud lineal de hojalata (m)
- m : masa de la bobina (kg)
- ρ : densidad del acero (kg/m³)
- e : espesor de la hojalata (m)
- a : ancho útil de la bobina (m)

A partir de esta relación, se calculó el número de envases producidos por bobina para cada espesor. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 9

Tabla 9

Comparación del Rendimiento Productivo

Indicador técnico	Escenario actual (0,17 mm)	Escenario propuesto (0,14 mm)	Variación (%)
Peso del cuerpo del envase (g)	10,75	8,88	-17,31 %
Envases por tonelada (und/ton)	88.821	107.855	+21,43 %
Consumo mensual de hojalata (ton)*	105,46	86,85	-17,65 %
Costo material por cuerpo (USD)	0,016	0,013	-17,65 %

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cálculo realizado sobre una producción de **10 millones de envases por mes**.

La Tabla 9 resume el análisis comparativo del rendimiento productivo entre la hojalata de 0,17 mm y 0,14 mm, considerando una producción mensual constante de 10 millones de envases. Los hallazgos indican que, al reducir el espesor se disminuye el peso del cuerpo del envase y se incrementa la cantidad de envases producidos por tonelada de hojalata. Esto posibilita una reducción tanto en el consumo de materia prima como en los residuos generados. El uso de hojalata de 0,14mm aumenta la eficiencia del proceso productivo sin perjudicar la capacidad operativa de la línea y esto se traduce en una disminución directa del costo de materia prima por envase.

3.3.2 Análisis del costo unitario de producción

Con base en el incremento del rendimiento productivo, se evaluó el efecto económico del cambio de espesor sobre el costo unitario del envase. Dado que el precio de la hojalata se comercializa por tonelada y se mantiene constante en ambos escenarios, la reducción del costo unitario se explica por la mayor cantidad de envases obtenidos al emplear un espesor menor.

Tabla 10

Análisis del Costo Unitario de Producción

Concepto	Espesor 0,17 mm	Espesor 0,14 mm
Costo de materia prima por cuerpo (USD)	0,016	0,013
Ahorro por envase (USD)	—	0,003

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El ahorro unitario se origina por el incremento del rendimiento por tonelada de hojalata, dado que el precio se mantiene constante para ambos espesores.

La **Tabla 10** presenta la comparación del costo unitario de la materia prima por cuerpo de envase para los espesores de hojalata analizados. La fluctuación registrada en el costo unitario se debe directamente al incremento en el rendimiento de producción alcanzado con un espesor de 0,14mm, ya que el precio por tonelada del material se mantiene constante.

Los valores mostrados sugieren que la utilización de hojalata de 0,14mm hace posible una reducción del costo del material por envase, lo cual produce un ahorro directo por cada unidad fabricada. El ahorro unitario es el fundamento de la estimación económica del impacto mensual y anual del cambio de espesor que se desarrolla en la próxima sección.

3.3.3 Impacto económico del cambio de espesor

Con el fin de cuantificar el impacto económico derivado de la reducción del espesor de la hojalata, el ahorro unitario obtenido en el análisis del costo de materia prima por envase se proyectó a un volumen de producción mensual representativo de la operación industrial. Para este análisis se mantuvieron constantes las condiciones operativas del proceso productivo, el formato del envase y el precio por tonelada de la hojalata

Los resultados consolidados del análisis económico se presentan en la Tabla 11, donde se comparan los costos mensuales de materia prima correspondientes al uso de hojalata de 0,17 mm y 0,14 mm.

Tabla 11

Impacto Económico del Cambio de Espesor

Concepto	Escenario actual (0,17 mm)	Escenario propuesto (0,14 mm)
Producción mensual (envases)	10.000.000	10.000.000
Consumo mensual de hojalata (ton)	105,46	86,85
Gasto mensual en materia prima (USD)	152.917	125.932
Ahorro mensual directo (USD) —		26.985
Ahorro anual proyectado (USD) —		323.820

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los valores presentados consideran una producción mensual constante de envases.

El análisis evidencia que la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm genera un ahorro económico mensual significativo, el cual se traduce en una reducción anual sustancial en los costos de producción. Este ahorro se obtiene exclusivamente por la optimización del consumo de materia prima, sin requerir inversiones adicionales en maquinaria ni modificaciones en los parámetros operativos del proceso productivo.

En consecuencia, el análisis del cambio de espesor muestra un impacto económico favorable, reflejado en una disminución significativa de los costos asociados a la materia prima. Este resultado constituye un elemento clave para sustentar la evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental que se desarrolla en el apartado 3.5 del presente estudio.

3.4 Análisis del impacto en el proceso de fabricación

Una vez evaluadas las propiedades técnicas del material y el impacto económico derivado del incremento del rendimiento productivo, se analiza el efecto que la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm genera sobre el proceso de fabricación de envases metálicos de tres piezas. Desde una perspectiva técnico–operativa, resulta necesario evaluar cómo la reducción del espesor influye en el comportamiento del proceso productivo, más allá del análisis económico desarrollado previamente.

El objetivo de este apartado es analizar si la variación del espesor del material incide en la estabilidad del proceso productivo, la eficiencia operativa y la integridad física del envase. Asimismo, se busca identificar si dicho cambio requiere la aplicación de ajustes operativos que se mantengan dentro de los rangos técnicos admisibles de la maquinaria actualmente instalada. Para ello, el análisis se organiza por etapas del proceso productivo, evaluando de manera específica el efecto del menor espesor en cada una de ellas.

3.4.1 Impacto en las operaciones de corte de cizalla

El proceso de fabricación de envases metálicos se inicia con el dimensionado del material mediante operaciones de corte, etapa en la cual la precisión geométrica adquiere especial importancia para garantizar la correcta formación posterior del cuerpo cilíndrico del envase. En este escenario, el

comportamiento del material durante el corte se ve afectado por la disminución del grosor de la hojalata, principalmente porque su flexibilidad aumenta. Esto requiere un control apropiado de los parámetros operativos

El análisis técnico demuestre que la utilización de hojalata de 0,14mm no afecta la capacidad del corte del proceso, siempre y cuando haya un control apropiado de la luz entre las cuchillas. Un ajuste correcto de clearance posibilita la obtención de bordes de cortes limpios, previniendo que se produzcan deformaciones o desgarros que puedan afectar etapas sucesivas, sobre todo la soldadura longitudinal

El control de rebabas se vuelve más relevante al emplear un espesor más delgado, puesto que cualquier anomalía en los bordes puede obstaculizar el contacto apropiado de los electrodos durante la soldadura. Por ello, en esta fase el proceso es imprescindible reforzar la supervisión de la finalización del corte.

En relación con el sistema de alimentación, se aprecia que la estabilidad en el progreso del material puede sostenerse dentro de los límites operativos vigentes. Esto es posible siempre que se conserven las condiciones adecuadas de alineación y tensión del sistema, evitando la aparición de ondulaciones o desviaciones dimensionales durante el desplazamiento de la hojalata.

3.4.2 Impacto en el proceso de soldadura eléctrica longitudinal

La soldadura eléctrica por resistencia constituye una de las etapas más críticas del proceso de fabricación de envases de tres piezas, debido a su influencia directa en la hermeticidad y resistencia del cuerpo del envase. El espesor del material incide en la resistencia eléctrica y en la distribución de la energía durante la formación de la costura longitudinal.

El análisis efectuado muestra que la reducción del espesor de la hojalata a 0,14 mm no limita la formación de una costura continua y hermética. Este desempeño se mantiene siempre que los parámetros de corriente y presión de los electrodos se encuentren dentro de los rangos técnicos recomendados por el fabricante del equipo. En este contexto, los sistemas de soldadura disponibles cuentan con la capacidad de ajuste necesaria para procesar variaciones controladas de espesor sin afectar la calidad de la unión.

Desde el punto de vista operativo, el cambio de espesor no requiere modificaciones estructurales en la soldadora. Su implementación demanda únicamente ajustes finos de los parámetros de operación, los cuales forman parte de las prácticas habituales de control y regulación del proceso productivo.

3.4.3 Comportamiento del material en las etapas

Durante las etapas de conformado mecánico, tales como el acordonado y el pestañado, el cuerpo del envase es sometido a esfuerzos de deformación que requieren una adecuada combinación de resistencia y ductilidad del material. Si las características mecánicas del acero base no equilibran la disminución del espesor, esto puede alterar la estabilidad geométrica del envase.

La hojalata de 0,14 mm se comporta correctamente en la fase de acordonado, mientras se preserven los diseños actuales de los cordones de refuerzo, según el comportamiento del material durante las operaciones de conformado mecánico. En estas circunstancias, no se observan deformaciones anómalas que pongan en peligro la resistencia del cuerpo del envase.

De igual forma, en la operación de pestañado, el material presenta una deformación homogénea, sin aparición de fisuras ni irregularidades geométricas, lo que asegura su compatibilidad con las etapas posteriores de cierre.

3.4.4 Impacto en la sincronización y transporte en línea

El desplazamiento de los cuerpos de envase a lo largo de la línea de producción se efectúa mediante sistemas magnéticos y neumáticos, cuyo funcionamiento depende del peso y de la estabilidad dimensional del cuerpo del envase. Cuando se disminuye el espesor de la hojalata, también se reduce el peso unitario, lo que podría afectar el comportamiento dinámico en el transporte

Sin embargo, el análisis demuestra que esta disminución de peso no produce inestabilidades en el flujo de envases ni cambia la sincronización de la línea con las condiciones operativas actuales. Las velocidades de transporte junto con los sistemas de guiado presentes, sostienen un rendimiento apropiado que hace posible continuar el proceso sin comprometer la eficacia operativa.

Tabla 12*Impacto del Espesor en el Proceso Productivo*

Etapas del proceso	Impacto del cambio a 0,14 mm	¿Requiere ajuste?	Observación técnica
Corte por cizalla	Mayor flexibilidad del material	Sí (ajuste fino)	Ajuste de luz entre cuchillas dentro de rangos admisibles
Alimentación y alineación	Sin impacto significativo	No	Estabilidad del avance mantenida
Soldadura longitudinal	Variación de resistencia eléctrica	Sí (ajuste fino)	Ajuste de corriente y presión, sin cambios estructurales
Acordonado	Sin impacto crítico	No	Cordones actuales mantienen resistencia
Pestañado	Sin deformaciones relevantes	No	Geometría de pestaña dentro de tolerancias
Transporte en línea	Reducción de peso unitario	No	Flujo estable sin pérdida de sincronización

Fuente: Elaboración propia.**3.4.5 Evaluación global del impacto en el proceso productivo**

El análisis integral del proceso productivo evidencia que la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm no afecta la estabilidad operativa ni la integridad del envase metálico de tres piezas. Los efectos observados se asocian principalmente a ajustes operativos de carácter menor, los cuales se mantienen dentro de los rangos habituales de control del proceso.

Asimismo, dichos ajustes no implican la necesidad de realizar modificaciones estructurales en la maquinaria existente, ya que el proceso productivo cuenta con la capacidad técnica suficiente para adaptarse al cambio de espesor bajo condiciones operativas controladas.

3.5 Evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental

Este apartado integra los resultados obtenidos en los análisis técnicos, económicos y operativos desarrollados previamente, con el propósito de determinar la viabilidad global del cambio de espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm en la fabricación de envases metálicos de tres piezas. La evaluación considera el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad del envase, la estabilidad operativa de la línea de producción, el impacto en la estructura de costos y los beneficios asociados a la optimización del consumo de materia prima.

3.5.1 Evaluación de la factibilidad técnica y de calidad

La factibilidad técnica se confirma al evidenciar que la hojalata de 0,14 mm cumple con los requisitos mecánicos y funcionales necesarios para mantener la integridad estructural y el desempeño del envase metálico de tres piezas. Desde el punto de vista operativo, el análisis por etapas del proceso productivo demuestra que el cambio de espesor no genera inestabilidad en la línea y se mantiene dentro de los rangos admisibles de operación, requiriendo únicamente ajustes finos en operaciones específicas, sin modificaciones estructurales en la maquinaria existente. En consecuencia, los resultados obtenidos demuestran que la implementación del espesor de 0,14 mm es técnicamente viable bajo las condiciones actuales del proceso productivo.

3.5.2 Evaluación de la factibilidad económica

Desde la perspectiva económica, la factibilidad de la propuesta se manifiesta en la disminución del costo unitario del envase, asociada al incremento del rendimiento productivo por unidad de masa de material. Los resultados consolidados indican que el uso de hojalata de 0,14 mm permite obtener un mayor número de envases por tonelada, lo que reduce el consumo total de hojalata necesario para alcanzar un mismo nivel de producción.

Este comportamiento se traduce en una reducción del gasto mensual y anual de materia prima, generando ahorros económicos directos que se mantienen en el tiempo. Adicionalmente, considerando que el cambio de espesor no requiere inversiones en activos de capital (CAPEX), el beneficio económico se refleja de

manera inmediata en los costos operativos (OPEX), lo que fortalece la viabilidad financiera de la propuesta planteada.

Con el fin de sustentar cuantitativamente la factibilidad económica del cambio de espesor propuesto, se realizó un análisis comparativo entre el escenario actual (hojalata de 0,17 mm) y el escenario propuesto (hojalata de 0,14 mm), considerando el rendimiento productivo por unidad de masa y su incidencia directa en el costo unitario de producción. Los resultados consolidados de este análisis se presentan en la **Tabla 13**

Tabla 13

Comparación técnica y económica del cambio de espesor

Indicador	Unidad	0,17 mm	0,14 mm	Diferencia
Longitud por 1 ton	(m)	900,87	1.093,91	193,04
Unidades por 1 ton	(und)	88.821	107.855	19.034
Unidades por bobina (9,5 ton)	(und)	843.799	1.024.622	180.823
Costo unitario	(USD/und)	0,016	0,013	-0,003
Ahorro unitario	(USD/und)	-	-	0,003
Ahorro por 1000 envases	(USD)	-	-	2,881
Ahorro por bobina	(USD)	-	-	2951,928
Ahorro porcentual	(%)	-	-	17,65

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados consignados en la Tabla 13 muestran que la disminución del espesor de la hojalata se asocia con un aumento en el número de envases obtenidos por tonelada de materia prima. Este incremento en el rendimiento productivo se refleja en una reducción directa del costo unitario del envase. Dicho comportamiento evidencia que el beneficio económico alcanzado proviene principalmente de un uso más eficiente del material, sin generar afectaciones en

las condiciones técnicas del proceso ni requerir inversiones adicionales en activos de capital.

3.5.3 Evaluación del impacto ambiental y sostenibilidad

Desde el punto de vista ambiental, el cambio de espesor presenta un efecto favorable, al disminuir la cantidad de acero necesaria para la fabricación de un mismo volumen de envases. El uso más eficiente de los recursos y una demanda logística reducida en las etapas de transporte y manipulación del material son el resultado de la disminución del consumo total de hojalata y del peso unitario.

En resumen, estos hallazgos demuestran que la propuesta cumple con los principios de sostenibilidad industrial y la eficiencia en el uso de materiales, al disminuir la cantidad de materia prima sin afectar la calidad del envase ni la estabilidad del proceso productivo.

Tabla 14

Síntesis de Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental

Dimensión evaluada	Criterio de evaluación	Resultado del análisis	Conclusión
Técnica	Compatibilidad con el proceso productivo	Cumple requisitos operativos y de calidad	Factible
Calidad y seguridad	Integridad estructural y hermeticidad del envase	Mantiene estándares exigidos	Factible
Operativa	Necesidad de ajustes en maquinaria	Ajustes operativos menores, sin CAPEX	Factible
Económica	Impacto en los costos de producción	Ahorro mensual y anual significativo en M.P.	Factible
Ambiental	Consumo de materia prima y logística	Reducción de uso de acero y emisiones	Factible

Fuente: Elaboración propia, con base en los análisis técnicos, económicos y operativos desarrollados en el Capítulo 3.

3.5.4 Síntesis de la factibilidad técnica, económica y ambiental

La evaluación integral desarrollada en este capítulo confirma que la reducción del espesor de la hojalata de 0,17 mm a 0,14 mm es viable desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental, bajo las condiciones actuales del proceso de fabricación de envases metálicos de tres piezas.

Desde el punto de vista técnico y de calidad, los resultados obtenidos muestran que la hojalata de 0,14 mm cumple con los requisitos mecánicos, funcionales y operativos del proceso productivo. La estabilidad dimensional del envase, la integridad estructural y la hermeticidad se mantienen gracias al comportamiento del material. El análisis por etapas también señala que no es necesario hacer cambios estructurales en la maquinaria de interrumpir el funcionamiento para introducir un cambio de espesor, ya que se puede implementar mediante ajustes operativos menores.

En el ámbito económico, el estudio comparativo demuestra que, si se incrementa la producción por tonelada, disminuye el costo unitario del envase. Esta situación produce reducciones de gastos mensuales y anuales significativas en la utilización de materia prima. Es importante señalar que estos beneficios se logran sin necesidad de realizar inversiones extra en activos de capital, lo cual implica que el efecto económico impacta directamente en los costos operativos del proceso.

Desde la perspectiva medioambiental, la optimización en el consumo de hojalata ayuda a reducir la cantidad de acero que se necesita para fabricar el mismo volumen de envases. Esta disminución está relacionada con una carga logística más baja y un uso más efectivo de los recursos, elementos que son coherentes con las normas de sostenibilidad que se aplican en la industria metalmecánica.

Los resultados del estudio, de forma integrada, indican que el uso de la hojalata de 0,14mm es una opción viable en términos técnicos, económicos y ambientales para mejorar el proceso productivo. Esta conclusión se sustenta en información real del proceso industrial y en la evaluación bajo condiciones operativas constantes.

Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación permitió evaluar de manera integral la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de hojalata de menor espesor en la fabricación de envases metálicos tipo tres piezas. A partir del análisis técnico realizado, se determinó que la hojalata de 0,14 mm cumple con los requisitos mecánicos y funcionales necesarios para garantizar la integridad estructural, la hermeticidad y la estabilidad dimensional del envase, siempre que se mantengan las especificaciones adecuadas del acero base y el control operativo del proceso.

Se evidencia que, tras la evaluación del impacto del cambio de espesor en el proceso productivo, la eficiencia y la estabilidad de la línea de producción se sostienen dentro de los límites operativos establecidos. Los efectos detectados se enfocan en ajustes operativos específicos, sobre todo en las etapas de corte y soldadura longitudinal, que pertenecen a los rangos estándar de control de procedimiento y no conlleva cambios en la estructura de la maquinaria existente.

Desde la perspectiva económica, el estudio comparativo demuestra que una disminución del espesor de la hojalata aumenta el rendimiento productivo por tonelada de material. Esta condición permite la obtención de una mayor cantidad de envases con una cantidad igual de materia prima, lo cual se traduce en un descenso del costo unitario del envase y en ahorros económicos directos a largo plazo. Es importante destacar que estos beneficios se obtienen sin la necesidad de inversiones extra en activos de capital.

De manera complementaria, optimizar el consumo de hojalata tiene un impacto positivo en términos ambientales, ya que disminuye tanto la utilización total del acero como las cargas relacionadas con la logística y manipulación de materia prima. En general, los resultados logrados indican que usar hojalata de 0,14mm es una opción que, desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental, es viable para optimizar la elaboración de envases metálicos de tres piezas.

Recomendaciones

De acuerdo con las conclusiones presentadas se recomienda:

Implementar ajustes operativos controlados en las etapas críticas del proceso productivo, particularmente en el corte por cizalla y en la soldadura eléctrica longitudinal, asegurando que los parámetros de alineación, presión y corriente se mantengan dentro de los rangos técnicos admisibles. Estos ajustes corresponden a prácticas habituales de control del proceso y permiten incorporar el cambio de espesor sin afectar la eficiencia operativa de la línea.

Fortalecer los controles de calidad tanto del procedimiento como del producto final mediante pruebas periódicas de hermeticidad, ensayos de resistencia axial y comprobaciones de estabilidad dimensional. Estas medidas posibilitarán verificar que la reducción del espesor no pone en riesgo la seguridad y la funcionalidad del rendimiento del empaque durante todo su ciclo de vida.

Efectuar un monitoreo constante de los indicadores vinculados con la producción de desperdicios metálicos y el desempeño de la materia prima comparando los resultados previos y posteriores a la aplicación del nuevo espesor. Este seguimiento facilitará la validación de los beneficios económicos previstos y posibilitará el identificar nuevas oportunidades para optimizar el proceso productivo.

Incorporar la reducción del espesor de la hojalata como una táctica constante en el enfoque de sostenibilidad y mejora continua de la empresa, en concordancia con optimizar los costos mediante un uso eficiente de los recursos y una disminución del impacto medioambiental, para así fortalecer la toma de decisiones económicas y técnicas a nivel organizacional.

Bibliografía

- Adrian Acevedo, D. C., & Vizconde Soria, C. W. (2020). *Propuesta de mejora en la gestión de producción, calidad y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa fabricante de envases de hojalata*. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Alatrística Miranda, E. F., & Paredes Díaz, J. V. (2017). *Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad para reducir los costos operacionales en la empresa de conservas de pescado Don Fernando S.A.C*. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Araujo Torres, D. S. (2022). *Estudio comparativo de los diferentes tipos de envases utilizados en la industria alimentaria*. Quito, Ecuador : Universidad Central del Ecuador.
- Arce Herrera, R. d., & Zambonino Torres, P. O. (2024). *Teoría de restricciones y su efecto en la producción de envases metálicos en una empresa guayaquileña*. Milagro, Ecuador : Universidad Estatal de Milagro.
- Asaquibay Rigcha, O. E., & Orellana Lozano , E. A. (2021). *Propuesta de optimizacion de mejora de la distribucion de planta para un taller metal mecánico ubicado en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., & Weimer, D. (2018). *Cost–benefit analysis: Concepts and practice (5th ed)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Can Manufacturers Institute. (2011). *A Guide to Can Defects and Basic Components of Double Seam Containers*. Washington, D.C: Asociación de Funcionarios de Alimentos y Medicamentos (AFDO).
- Carbajo Palomino, D. A. (2022). *Tratamiento térmico en el proceso de conserva de tilapia* . Ica, Perú: Universidad Autónoma de Ica.

- Cedeño Betancourt, A. A. (2015). *Rediseño de una línea de producción de envases metálicos de tres piezas para atún*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995)*. Roma: FAO/OMS.
- Deshwal, G. K., & Panjagari, N. R. (2019). Review on metal packaging materials, forms, food applications, safety and recyclability. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2377–2392.
- Dey, S., & Agrawal, M. K. (2016). Tinplate as a Sustainable Packaging Material: Recent Innovation and Developments to Remain Environment Friendly and Cost Effective. *International Journal of Research in IT, Management and Engineering*, 6(8), 9–22.
- García García, C. R. (2023). *Planeación metodológica para la optimización de costos en la producción de una empresa de envases plásticos*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana .
- Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2018). *Cost management: Accounting and control (7th ed.)*. Boston: Cengage Learning.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2021). *Principles of operations management: Sustainability and supply chain management*. Harlow: Pearson Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. Ciudad de México: McGraw-Hill Education.
- Horngren, C., Datar, S., & Rajan, M. (2012). *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial (14.ª ed.)*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Imai, M. (2014). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa (3.ª ed.)*. McGraw-Hill.

- Industria metalgráfica (documento técnico). (2023). *¿Por qué no se puede soldar el material TFS?* Guayaquil: Documento técnico de la industria metalgráfica.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 1866:2013. Materiales en contacto con alimentos. Requisitos*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). *NTE INEN 1810:2016. Envases metálicos para alimentos. Requisitos*. Quito: INEN.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso*. Ginebra: ISO.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. Ginebra: ISO.
- ITRA. (2000). *Guide to Tinplate (2nd ed.)*. Uxbridge: International Tin Research Institute.
- Jacobs, R., & Chase, R. (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministro (15.^a ed.)*. Ciudad de México: McGraw-Hill Education.
- Krajewski, L., Malhotra, M., & Ritzman, L. (2019). *Operations management: Processes and supply chains*. New York: Pearson Education.
- Liker, J. (2020). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Liker, J., & Morgan, J. (2018). *Designing the future: How Ford, Toyota, and other world-class organizations use lean product development to drive innovation and transform their business*. New York: McGraw-Hill Companies.
- London Consulting Group. (2025). *Costos de producción: cómo optimizarlos en tu empresa*. Obtenido de London Consulting Group:

<https://londoncg.com/es-ec/blog/costos-de-produccion-como-optimizarlos-en-tu-empresa>

- Muñoz, M., Fuentes, K., Hernández, R., Pineda, G., Concepción, L., Rodríguez, N., & Duarte, V. (2021). Los envases de hojalata (metal). *Semilla Científica*, 2(1), 119–128.
- Nestares Chávez, R. A. (2011). *Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y ¼ gal de capacidad para aumentar la productividad de una empresa de la industria metalmecánica*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Pluxee. (2023). *Optimizar estructura de costos: qué es y cómo hacerlo*. Obtenido de Pluxee Panamá: <https://www.pluxee.pa/blog/optimizar-estructura-de-costos/>
- Poveda Zapata, R. X., & Basurto Moreira, L. E. (2020). *Diseño de una línea de electrodeposición de cromado de hojalata para el sector alimenticio, adaptando tecnología local*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Plitécnica del Litoral.
- Quezada Orejuela, P. E. (2021). *Propuesta de optimización de los procesos de fabricación para incrementar la eficiencia operativa de la planta de envases en San Miguel Industrias PET Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). *Operations management (10th ed.)*. Harlow: Pearson Education.
- Soudronic AG. (2011). *Manual técnico SOUCAN 600 / 650: descripción del producto, recomendaciones de chapa y ajustes básicos*. Suiza: Soudronic AG.
- Teixeira, M. S., Mata, T. M., Lourenço, A., Oliveira, F., Oliveira, J., & Martins, A. A. (2025). Life cycle assessment of tinplate aerosol cans: Evaluating the

role of photovoltaic energy and green hydrogen in environmental impact reduction. *Environments*, 12(3).

Unión Europea. (20 de 12 de 1994). *Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases*. Obtenido de EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:31994L0062>

Vargas, E., & Camero, J. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5S y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*.

Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (2nd ed.)*. London: Free Press.

Yarad Haro , A., & Pérez Córdova , F. A. (2006). *Diseño e implementación de una microempresa dedicada a la producción de envases de hojalata para alimentos*. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.

Anexos

Anexo A

Parámetros técnicos del formato del envase 211 × 106 (80 g)

Tabla A 1

Tabla de parámetros del formato

PARÁMETROS DEL FORMATO		
Campo	Unidades	Valor
Formato	-	211×106
Desarrollo del cuerpo (Lp)	mm	206,6
Altura del cuerpo (Hp)	mm	38,25
Ancho de lámina de trabajo (Wtrab)	mm	831,8
Ancho bobina bruto (Wbob)	mm	934
Cuerpos por lámina (según layout real)	-	96

Tabla A 2

Tabla de pesos del cuerpo, tapa y envase

Espesor (mm)	Peso cuerpo (g)	Peso tapa (g)	Peso envase (g)
0,17	10,75	7,33	18,08
0,14	8,889	7,33	16,219

ANEXO B.

Tablas de rendimiento técnico y económico del proceso

Tabla B 1

Rendimiento técnico por tonelada de hojalata.

RENDIMIENTO TÉCNICO POR 1 TONELADA				
Espesor	Espesor	Longitud por tonelada (L)	Cuerpos por tonelada (teórico)	Cuerpos reales por tonelada
(mm)	(m)	(m)	(und)	(und)
0,17	0,00017	900,87	91.569	88.821
0,14	0,00014	1093,91	111.191	107.855

Tabla B 2

Rendimiento de producción por bobina de hojalata.

RENDIMIENTO POR BOBINA			
Espesor	Ton/bobina	Cuerpos por ton	Cuerpos por bobina
(mm)	(ton)	(und)	(und)
0,17	9,5	88.821	843.799
0,14	9,5	107.855	1.024.622

Tabla B 3

Costo por tonelada y por bobina de hojalata.

COSTO POR TONELADA Y POR BOBINA			
Concepto	Fórmula	Resultado	
Costo por tonelada	Dato	\$	1.450,00
Costo por bobina	ton/bob * USD/ton	\$	13.775,00

Tabla B 4*Costo unitario del cuerpo del envase*

COSTO UNITARIO DEL CUERPO			
Espesor	Cuerpos por ton	Costo por ton	Costo unitario cuerpo
(mm)	(und)	(und)	(USD/und)
0,17	88821	\$ 1.450,00	\$ 0,016
0,14	107855	\$ 1.450,00	\$ 0,013

Tabla B 5*Ahorro unitario, por 1000 envases y por bobina*

AHORRO			
Indicador	Unidades	Fórmula	Resultado
Ahorro unitario	(USD/und)	C.u 0,17 - C.u 0,14	\$ 0,003
Ahorro	%	(Ahorro.u / C.u 0,17) * 100	17,65
Ahorro por 1000 envases	(USD)	Ahorro.u * 1000	\$ 2,881
Ahorro por bobina	(USD)	Ahorro.u * cuerpos bobina 0,14	\$ 2.951,928

Tabla B 6*Utilización y desperdicio de lámina en el proceso productivo.*

Concepto	Unidades	0,17 mm	0,14 mm
Peso bruto lámina	(kg)	1,037	0,854
Peso útil lámina (kg)	(kg)	1,012	0,829
Utilización	%	97,59	97,07
Desperdicio	%	2,41	2,93

ANEXO B

Formatos de inspección dimensional y visual de envases metálicos de tres piezas

En este anexo se presentan los registros operativos utilizados para el control dimensional y visual de los envases metálicos de tres piezas durante el proceso productivo. Estos documentos constituyen evidencia del aseguramiento de la calidad aplicado en la evaluación técnica del envase.



Envases
DE CALIDAD

INSPECCIÓN DIMENSIONAL DOBLE CIERRE

FAC-094
Versión: 4

Fecha: 15-02-2025 Torno: 2 Línea: Deucan 650

Envase: 2112 106 Esp.Cpo: 017 Isabel Esp.Tapa: 019 A/E

Cerradora: Shin#1 Rulins 1º: A-12000

Esp. mandril: 4.00 Rulins 2º: A-12001

Parámetro	EMBUTIDO:			ANCHO:			ESPESOR:			GANCHO CUERPO:			GANCHO TAPA:			OVERLAP:		
	HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 1	HORA 2	HORA 3
Medida Máxima	4.21	4.17		2.92	2.93		1.14	1.15		1.92	2.00		2.00	2.01		1.40	1.37	
Medida Mínima	4.18	4.12		2.88	2.90		1.12	1.11		1.85	1.95		1.90	1.95		1.27	1.26	
CABEZAL 2																		
Medida Máxima	4.28	4.25		2.90	2.91		1.15	1.15		2.00	1.98		2.00	1.97		1.37	1.36	
Medida Mínima	4.21	4.18		2.80	2.81		1.13	1.12		1.92	1.94		1.90	1.90		1.26	1.20	
CABEZAL 3																		
Medida Máxima	4.28	4.27		2.81	2.88		1.15	1.14		1.95	2.02		2.00	2.02		1.40	1.41	
Medida Mínima	4.25	4.24		2.85	2.88		1.10	1.11		1.90	1.95		1.90	1.97		1.33	1.35	
CABEZAL 4																		
Medida Máxima	4.33	4.30		2.90	2.90		1.15	1.14		2.00	1.98		1.98	1.96		1.38	1.33	
Medida Mínima	4.27	4.29		2.85	2.83		1.12	1.10		1.90	1.91		1.85	1.90		1.29	1.28	
CABEZAL 5																		
Medida Máxima	4.29	4.25		2.92	2.88		1.15	1.15		1.95	2.05		1.90	1.90		1.38	1.36	
Medida Mínima	4.25	4.21		2.85	2.82		1.11	1.10		1.86	1.95		1.80	1.85		1.32	1.28	
CABEZAL 6																		
Medida Máxima	4.25	4.23		2.95	2.90		1.15	1.16		2.06	2.00		1.95	1.92		1.38	1.35	
Medida Mínima	4.23	4.21		2.86	2.83		1.12	1.13		2.00	1.95		1.90	1.85		1.34	1.29	

Parámetro	APRETE: 60 ± 9%		
Hora	HORA 1	HORA 2	HORA 3
Cabezal 1	80	80	
Cabezal 2	80	80	
Cabezal 3	80	80	
Cabezal 4	80	80	
Cabezal 5	80	80	
Cabezal 6	80	80	

Parámetro	PENETRACIÓN D. CPO: 75 ± 9%		
Hora	HORA 1	HORA 2	HORA 3
Cabezal 1			
Cabezal 2			
Cabezal 3			
Cabezal 4			
Cabezal 5			
Cabezal 6			

INSPECCIÓN VISUAL

Caldas / Doblo Cierre Palizado / Palas Cierre / Pils / Paladures

Hora	HORA 1	HORA 2	HORA 3
Cabezal 1	/	/	
Cabezal 2	/	/	
Cabezal 3	/	/	
Cabezal 4	/	/	
Cabezal 5	/	/	
Cabezal 6	/	/	

OBSERVACIONES

Durante el turno se observó mala reversa, arruga en el gancho de tapa, leve exaración de tmo.

Realizado por:

R. Comala

Insp. Aseg. Calidad

Revisado por:

[Firma]

Insp. Aseg. Calidad

NOTA: Inspección visual registrar con un visto ☒ cuando los parámetros inspeccionados estén correctos, caso contrario con una equis (X) y registrar en OBSERVACIONES

CONTROL DIMENSIONAL Y VISUAL - ENVASES TRES PIEZAS

FECHA: 29-02-2025 TURNO: I LINEA: Secuán 650
ENVASE: 211 X 106 PRODUCTO: Isabel Acuña 61150

[illegible]

ANEXO C

Evidencia fotográfica del proceso de medición, corte y conformado del cuerpo del envase

Este anexo contiene evidencia fotográfica referencial del proceso de medición de espesor de la hojalata, corte del desarrollo y conformado del cuerpo cilíndrico del envase. Las imágenes se incluyen con fines ilustrativos del procedimiento, sin corresponder directamente al formato evaluado 211×106 (80 g).

Figura C 1 Recepción y almacenamiento de bobinas de hojalata.



Fuente: Elaboración propia.

Figura C 2 Medición de espesor de la hojalata mediante micrómetro digital.



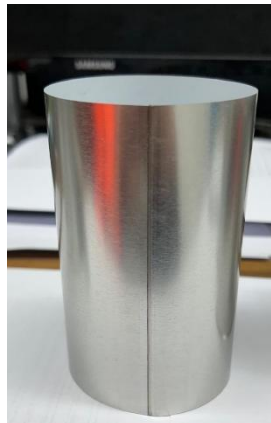
Fuente: Elaboración propia

Figura C 4 Proceso de conformado del cuerpo cilíndrico del envase



Fuente: Elaboración propia

Figura C 3 Vista del cuerpo del envase con costura longitudinal formada



Fuente: Elaboración propia

Figura C 5 Secuencia de cuerpos de envases formados durante la evaluación del proceso



Fuente: Elaboración propia.