



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA PARA
LA REDUCCIÓN DE MERMAS EN MATERIA PRIMA EN PROCESO DE ACANALADO DE
LÁMINA DE ACERO EN UNA EMPRESA SIDERÚRGICA UBICADA EN VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

Edwin Eduardo Sánchez Pérez

Asesorado por el MBA. Ing. Edson Iván Rodríguez Sánchez

Guatemala, octubre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA REDUCCIÓN DE MERMAS EN MATERIA PRIMA EN PROCESO DE ACANALADO DE LÁMINA DE ACERO EN UNA EMPRESA SIDERÚRGICA UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN EDUARDO SÁNCHEZ PÉREZ

ASESORADO POR EL MBA. ING. EDSON IVÁN RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA REDUCCIÓN DE MERMAS EN MATERIA PRIMA EN PROCESO DE ACANALADO DE LÁMINA DE ACERO EN UNA EMPRESA SIDERÚRGICA UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de febrero de 2020.

Edwin Eduardo Sánchez Pérez

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Edwin Horlando Sánchez Santizo y Blanca Estala Pérez Muñoz, por ser los motores de mi vida, formadores e inspiración por su dedicación y sacrificio.

Mi hermana

Kimberli Marisol Sánchez Pérez, por brindarme su apoyo y compañía durante mi vida.

Familia y amigos

Por acompañarme a lo largo de mi vida, compartiendo alegrías y tristezas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formarme académica y personalmente dentro de esta tres veces centenaria casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos generales que me permiten concluir mis estudios profesionales.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial	Por brindarme los conocimientos específicos que me formaron como profesional de la ingeniería.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por brindarme conocimientos nuevos y actualizados a mi desarrollo profesional y personal.
Empresa siderúrgica	Por motivarme y apoyarme a continuar con mi desarrollo profesional.
Ingeniero	Edson Rodríguez, por sus aportes y orientación durante el planteamiento de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Formulación del problema	6
3.2.1. Pregunta central.....	6
3.2.2. Preguntas de investigación	6
3.3. Delimitación del problema.....	7
3.3.1. Límite temporal	7
3.3.2. Límite geográfico	7
3.3.3. Límite espacial.....	7
3.3.4. Límite institucional	7
3.4. Viabilidad de la investigación.....	8
3.5. Consecuencias de realizar la investigación	8
3.5.1. De realizarse.....	8
3.5.2. De no realizarse.....	9
4. JUSTIFICACIÓN.....	11

5.	OBJETIVOS	13
5.1.	General	13
5.2.	Específicos.....	13
6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
6.1.	Etapas de la investigación.....	15
7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Empresa siderúrgica	17
7.1.1.	Estructura organizacional	17
7.1.2.	Proceso de recubiertos.....	18
7.1.2.1.	Proceso de conformados	19
7.1.2.2.	Tipos de conformado de rodillos	20
7.2.	Manufactura esbelta.....	20
7.2.1.	Concepto.....	20
7.2.2.	Origen	22
7.2.3.	Desperdicios en manufactura esbelta.....	22
7.2.3.1.	Inventario.....	23
7.2.3.2.	Sobreproducción.....	24
7.2.3.3.	Tiempo de espera.....	25
7.2.3.4.	Movimientos innecesarios.....	25
7.2.3.5.	Transportes innecesarios.....	26
7.2.3.6.	Reprocesamientos.....	26
7.2.3.7.	Defecto	27
7.2.4.	Herramientas de Manufactura Esbelta.....	27
7.2.4.1.	Metodología cinco S's.....	28
7.2.4.2.	<i>Kanban</i>	28
7.2.4.3.	<i>Kaizen</i>	29

	7.2.4.4.	SMED.....	30
	7.2.4.5.	Estandarización.....	30
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....		31
9.	METODOLOGÍA		33
	9.1.	Enfoque	33
	9.2.	Diseño	33
	9.3.	Tipo	33
	9.4.	Alcance.....	34
	9.5.	Variables e indicadores	34
	9.6.	Fases de la investigación.....	36
	9.7.	Resultados esperados	37
	9.8.	Población y muestra	38
		9.8.1. Población	38
		9.8.2. Muestra.....	38
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN		39
11.	CRONOGRAMA.....		41
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO		43
13.	REFERENCIAS.....		45
14.	APÉNDICES		49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo de esquema de solución.....	16
2.	Organigrama de empresa siderúrgica	18
3.	Cronograma de actividades	41

TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	35
II.	Recursos humanos	43
III.	Recursos tecnológicos	43
IV.	Recursos materiales	44
V.	Resumen financiero	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Kg	Kilogramo
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Acero	El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0,03 % y 1,075 % en peso de su composición.
ASTM	American Society for Testing and Materials. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Calibre	Nomenclatura asociada comercialmente a un espesor de lámina determinado.
Calidad	Propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.
Cuello de botella	Todo elemento que disminuye o afecta el proceso de producción en una empresa.
Defecto	Carencia o falta de las cualidades propias y naturales de una lámina de acero que degrada su condición.
Desperdicio	Elemento de producción, actividad, tarea u operación que no agrega valor al producto, añadiendo sólo tiempo y/o costo.

Eficiencia	Utilización de los recursos de manera racional y aprovechar plenamente todos los potenciales existentes.
Especificación	Valor nominal esperado de una variable de forma en el proceso de producción de lámina de acero.
Inventario	Todas las mercancías que un fabricante ha producido para vender a sus clientes.
Indicador	Mediciones cuantificables, acordadas de antemano, que reflejan los factores críticos de éxito de una organización.
Lote	Determinada unidad de medida de fabricación de un conjunto que se planifica y se fabrica con referencia a un número.
Manufactura esbelta	Metodología utilizada para eliminar desperdicios en un proceso.
Materia prima	Bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo.
Muda	Palabra japonesa, con la que es referido el desperdicio.
Proceso	Conjunto de actividades interrelacionadas que transforman entradas en salidas.

Producción	Proceso por medio del cual se crean los bienes y servicios económicos.
Reproceso	Acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos.

RESUMEN

El presente diseño de investigación se desarrolla en el proceso de acanalado de lámina de acero, la cual es utilizada para techos. Como parte de la gestión de los procesos la empresa siderúrgica requiere optimizar su proceso productivo enfocándose principalmente en aumentar el rendimiento de la materia prima principal que es la lámina de acero.

Se propone la utilización de la metodología de Manufactura Esbelta para optimizar el proceso y aumentar el rendimiento de la materia prima. Con las herramientas de diagnóstica permite identificar las causas del bajo rendimiento de la materia prima en el proceso.

A partir de la identificación de la causa raíz del origen del bajo rendimiento de la materia prima se identifican la etapa del proceso con la recopilación de la información y el análisis estadístico de la condición ideal se seleccionan las herramientas de Manufactura Esbelta que mejor se adapten al proceso.

Como resultado de la investigación se obtiene una serie de mejoras propuestas al proceso que permitirán optimizar la utilización de la materia prima para que se reduzca el desperdicio como chatarra o lámina de segunda calidad. Esta mejora tendrá un impacto económico favorable para la empresa porque permitirá aprovechar la materia prima para materiales de mayor margen de venta.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en una sistematización en el proceso de acanalado de lámina de acero para la reducción de mermas en materia prima en una empresa siderúrgica en Villa Nueva, mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta. La empresa siderúrgica tiene la necesidad de optimizar su proceso productivo de acanalado de lámina, y maximizar el aprovechamiento del recurso de la materia prima es de gran importancia para la optimización del proceso.

El problema que tiene la empresa siderúrgica es que el proceso de acanalado de lámina de acero tiene alta cantidad de desperdicios de materia prima, los cuales la organización para obtener la mayor recuperación económica posible los comercializa como lámina de acero de segunda calidad, lo cual representa una caída de sesenta por ciento en el margen de venta.

La relevancia de la realización de esta investigación es que al final se obtendrá una mejora en el proceso de acanalado de lámina de acero al reducir las mermas en materia prima. Esta reducción de desperdicios representa ahorros por la menor cantidad de mano de obra directa requerida para los reprocesos asociados a las mermas en materia prima, así como la mayor utilización de materia prima para ser comercializada en los productos con mayor margen de utilidades como la lámina de primera calidad.

El trabajo de investigación se considera factible debido a que los recursos requeridos están disponibles para el investigador, la organización por la importancia del trabajo facilita sus recursos tecnológicos, informáticos y

humanos; mientras que el investigador aporta los recursos económicos necesarios para las actividades que se realizarán.

El informe final de la investigación se desarrollará en 4 capítulos, el primer capítulo del trabajo de investigación es el marco teórico, en el mismo se elaborará una revisión documental de la teoría necesaria para profundizar en el proceso productivo de la lámina de acero, la manufactura esbelta y las mermas.

El segundo capítulo será el desarrollo de la investigación en el cual se realizará el análisis de la situación inicial del proceso de acanalado de lámina de acero para determinar con exactitud lo que se requiere mejorar, además se presentará el diseño de sistematización para la reducción de mermas en materia prima para el proceso productivo.

El tercer capítulo será la presentación de resultados obtenidos con la utilización de la manufactura esbelta en el proceso de acanalado de lámina de acero. En el último capítulo se realizará la discusión de resultados finales de la investigación obtenidos en el capítulo anterior.

2. ANTECEDENTES

En su investigación Wilches-Arango (2013) indica que en la mejora de un proceso productivo no es requisito el realizar grandes inversiones en tecnología, sino que lo que se requiere es identificar correctamente las causas que generan los desperdicios de mayor impacto y a éstas aplicarles las herramientas de manufactura esbelta de forma continua. De las herramientas de manufactura esbelta que mayor impacto causan son 5's, *kanban* y justo a tiempo.

El anterior estudio aporta a esta investigación que de para iniciar un proceso de implementación de herramientas de manufactura esbelta lo más recomendable es aplicar en primera instancia la herramienta de 5's, debido a que es la más económica y facilita el ordenamiento del proceso, y a partir de un proceso ordenado se pueden reducir las mermas

Briseño (2009) en su investigación indica que la aplicación de manufactura esbelta en un proceso genera estandarización en todas las actividades y que a partir de la misma se puede depurar el proceso para trabajar únicamente con las actividades que generan valor para el cliente. Además, para que los cambios sean efectivos es necesario definir con claridad a todo el personal la metodología y los beneficios que se pueden obtener de ella. El trabajo de Briseño aporta a esta investigación la relevancia que se requiere brindar al personal que pertenece al proceso bajo estudio, debido a que es este personal quien a través de su trabajo el que hará efectiva la implementación de la manufactura esbelta.

Santizo (2015) aumentó la capacidad instalada de una empresa productora de ventanas y puertas tipo europeas apoyado principalmente de herramientas

como *Kanban* para la reducción de inventarios, así como de 5´s para tener áreas de trabajo con mayor orden y que eviten los desperdicios de tiempos y materiales. La anterior investigación aporta a este trabajo el hecho que los puestos de trabajo deben ser analizados a detalle desde el inicio del estudio, porque concentran una cantidad importante de los desperdicios generales del proceso, principalmente tiempos y materiales.

Ibarra (2017) en su investigación refiere que la implementación de las herramientas de manufactura esbelta es efectiva para el análisis de procesos de forma aislada, pero esto debe evolucionar a una aplicación global en toda la empresa para obtener una empresa esbelta, que aborda todas las actividades que no sumen valor a lo largo de toda la organización y no de forma aislada en procesos específicos, y de esta forma los beneficios a obtener serán mayores.

Arce (2017) utilizó manufactura esbelta para aumentar la productividad en la producción de línea blanca y se apoyó en la redistribución de la línea de ensamblaje determinando que la causa raíz de la productividad baja se encontraba en los tiempos perdidos en transporte. Lo anterior se complementa con un proyecto de *Kaizen* que trabajará en la mejora continua para obtener resultados perdurables.

La investigación de Arce aporta a este trabajo la utilización de la técnica *Kaizen* para que la organización obtenga en sus procesos la mejora continua, y así los resultados de cada mejora sea perdurable en el largo plazo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso productivo de acanalado de lámina de acero se incrementó en cuarenta por ciento la cantidad de mermas en materia prima la cual es reprocesado como lámina de segunda calidad, impactando económicamente a la organización.

3.1. Descripción del problema

La empresa siderúrgica comercializa lámina de acero acanalada para techos, ofreciendo al mercado el producto en distintos perfiles o formas, colores, calibres y de acuerdo los largos que el cliente requiera para su uso. Para la fabricación de este producto se emplea como materia prima rollos de acero laminado. Las condiciones del proceso de acanalado de lámina generan mermas en materia prima, estos desperdicios la organización los reprocesa para comercializarlos como lámina de segunda calidad con un menor margen de venta.

El aumento en la generación de lámina de desperdicio tiene un impacto negativo directamente en el rendimiento económico de la organización debido a que la comercialización de lámina de segunda si bien es estable, implica un sesenta por ciento menos de beneficio respecto a la comercialización de material de primera calidad. Además, al tener mayor material producido como segunda calidad, el área destinada a realizar el reproceso y degradación a través del sistema informático aumenta su requerimiento de horas-hombre para realizar estas actividades, agregando así más costos a la comercialización de lámina de segunda calidad.

La reducción de mermas en materia prima en la línea de acanalado de lámina es prioridad para la organización debido a que en un mercado de alta competencia como en el que la empresa se desenvuelve, el aprovechamiento de la materia prima, acero laminado, debe ser elevado debido a que la comercialización de láminas acanaladas de acero de primera calidad es sesenta por ciento más lucrativo que la comercialización de las láminas cortadas como desperdicio que luego son reprocesadas para prepararlas para su venta como lámina de segunda calidad.

3.2. Formulación del problema

Para la formulación del problema se recurrió a establecer una pregunta central y con eso ya se lograron identificar las preguntas de investigación.

3.2.1. Pregunta central

¿Cómo la utilización de herramientas de manufactura esbelta puede reducir la cantidad de mermas en materia prima en el proceso de acanalado de lámina de acero en una empresa siderúrgica?

3.2.2. Preguntas de investigación

- ¿Por qué el proceso de acanalado de lámina de acero está generando mayor cantidad de mermas en materia prima?
- ¿Cómo la utilización de manufactura esbelta puede reducir las mermas en materia prima en proceso de acanalado de lámina de acero?

- ¿Qué beneficios puede obtener la organización de la reducción de las mermas en materia prima en proceso de acanalado de lámina de acero?

3.3. Delimitación del problema

Con basé en el problema se establecieron límites de diferente índole, esto con el fin de detectar los puntos vulnerables y hallar soluciones para los mismos.

3.3.1. Límite temporal

El estudio se efectuará en 6 meses a partir de la aprobación del protocolo.

3.3.2. Límite geográfico

La investigación se desarrollará en una empresa siderúrgica ubicada en Villa Nueva, en el departamento de Guatemala.

3.3.3. Límite espacial

La investigación se desarrollará en el departamento de producción de la empresa siderúrgica.

3.3.4. Límite institucional

La investigación se desarrollará dentro de los límites institucionales de la empresa siderúrgica.

3.4. Viabilidad de la investigación

La investigación puede realizarse debido a la importancia que tiene el problema para la organización, ya que para mejorar en la competitividad se debe mejorar el aprovechamiento de la materia prima, además se cuenta con la disponibilidad de los sistemas informáticos para la obtención de la información histórica del proceso de acanalado de lámina y las mermas de materia prima asociados.

La empresa siderúrgica considera relevante el desarrollo de esta investigación para mejorar el aprovechamiento del recurso materia prima, lo cual mejorará la eficiencia operativa de la organización. Por esta razón el trabajo de investigación cuenta con el respaldo de la organización para que se pueda realizar y solucionar de esta forma la problemática de las mermas en materia prima.

3.5. Consecuencias de realizar la investigación

Como todo diseño de investigación se debe justificar el impacto que este tendrá y para esto se presentan las consecuencias a continuación.

3.5.1. De realizarse

La realización de esta investigación permitirá a la empresa siderúrgica aumentar el aprovechamiento del recurso materia prima, esto debido a que las mermas en materia prima implican una reducción del margen de venta del sesenta por ciento respecto a la comercialización de lámina acanalada de acero catalogada como de primera calidad.

Las mermas en materia prima previo a ser degradadas como lámina de segunda calidad, tienen un reproceso mediante el cual se identifica el defecto que demerita su calidad, se hace un ordenamiento del tipo de lámina y largo, posterior a esta clasificación, se preparan las láminas en un paquete de lámina de segunda calidad y se libera para su comercialización; este reproceso representa un gasto para la organización además de la consecuente reducción del margen de venta, estos efectos económicos podrían reducirse con la aplicación de la propuesta que esta investigación planteará.

3.5.2. De no realizarse

La consecuencia de que esta investigación no se realice es que la empresa siderúrgica continuará incurriendo en gastos adicionales por los reprocesos aplicados a las mermas en materia prima para poder comercializarlos como lámina de segunda calidad, además de la disminución del margen de venta por comercializar la lámina de acero como segunda calidad en lugar de utilizar la materia prima para producir lámina de primera calidad.

4. JUSTIFICACIÓN

Con base en la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos, dentro de la Maestría en Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que proporciona conocimientos para enfrentar los problemas y desarrollar la labor profesional dentro de la industria, se plantea el diseño de investigación para la utilización de manufactura esbelta para la reducción de mermas en materia prima del proceso de acanalado de lámina de acero en una empresa siderúrgica.

Este diseño de investigación aportará a la organización una metodología comprobada a lo largo de los años y en diversidad de industrias, la cual le permitirá abordar la necesidad que tiene de corregir la alta generación de mermas en materia prima en la línea de producción de acanalado de lámina de acero.

El desarrollo de esta investigación es importante para la empresa siderúrgica debido a que las mermas en materias primas afectan económicamente a la empresa siderúrgica por la reducción del margen de venta, los reprocesos asociados a la preparación de las mermas en materia prima para poder comercializarlas como lámina de segunda calidad.

La motivación para la realización del presente trabajo de investigación es el deseo de aportar a la empresa siderúrgica una metodología funcional para la solución de un problema que está afectando económicamente a la empresa, aportando de esta forma en la competitividad de la misma en un mercado de alta competencia como el actual.

Los beneficiarios de esta investigación serán la empresa siderúrgica, debido a que los altos desperdicios de materia prima tienen un impacto económico considerable respecto a la utilización de material para producir material de primera calidad, y el personal operativo a través del desarrollo de nuevas metodologías de trabajo que le permitirán la reducción de desperdicios de materia prima, además de mejor estructura de trabajo.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Reducir las mermas en materia prima en el proceso de acanalado de lámina de acero aplicando herramientas de manufactura esbelta

5.2. Específicos

- Analizar las condiciones en el proceso de acanalado de lámina de acero que están causando las mermas en materia prima.
- Implementar Manufactura Esbelta en proceso de acanalado de lámina de acero para reducir las mermas en materia prima.
- Evaluar los beneficios obtenidos por la empresa siderúrgica de la utilización de Manufactura Esbelta en proceso de acanalado para la reducción de mermas en materia prima.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Con la realización de la investigación se busca cubrir la necesidad de reducir las mermas en prima del proceso de acanalado de lámina de acero en la empresa siderúrgica en Guatemala. Para el desarrollo de la investigación se emplearán distintos métodos y técnicas entre las cuales se pueden mencionar:

Métodos empíricos para la obtención de datos reales del proceso de acanalado de lámina de acero previo al análisis, esto a través de observación directa, entrevista con el personal operativo y jefatura inmediata y recopilación de información del sistema informático de la empresa siderúrgica.

Métodos teóricos para el análisis de la información recabada a través de los métodos empíricos. Estos métodos o herramientas serán principalmente las que ofrece la metodología de manufactura esbelta: *poka yoke*, *5's*, *kaizen*, diagrama de Pareto, análisis causa raíz, entre otras.

6.1. Etapas de la investigación

La primera etapa de la investigación será la revisión documental, en esta etapa se realizarán entrevistas con el personal operativo del proceso de acanalado de lámina de acero, y se recopilará la información disponible en los sistemas de información de empresa siderúrgica.

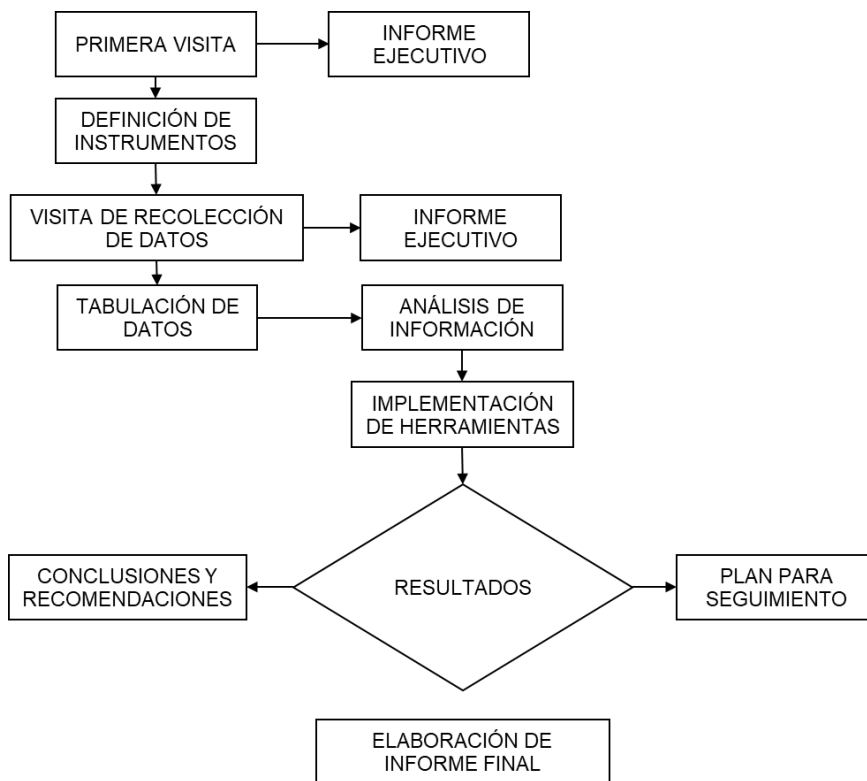
En la segunda etapa se realizará el diagnóstico, se desarrollará el análisis de la información recopilada en la primera etapa. En esta etapa se utilizarán herramientas como análisis causa/raíz, diagrama de Pareto para descartar

causas no significativas y se decidirá abordar las causas principales y que generan mayor impacto en la reducción de mermas.

En la tercera etapa se desarrollará un análisis de la información recabada en las anteriores etapas para determinar las herramientas de manufactura esbelta que causaran la mayor reducción de mermas en materia prima abordando las causas raíz identificadas.

En la última etapa se elaborará la propuesta de proceso optimizado con la reducción de mermas en materia prima.

Figura 1. **Diagrama de flujo de esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

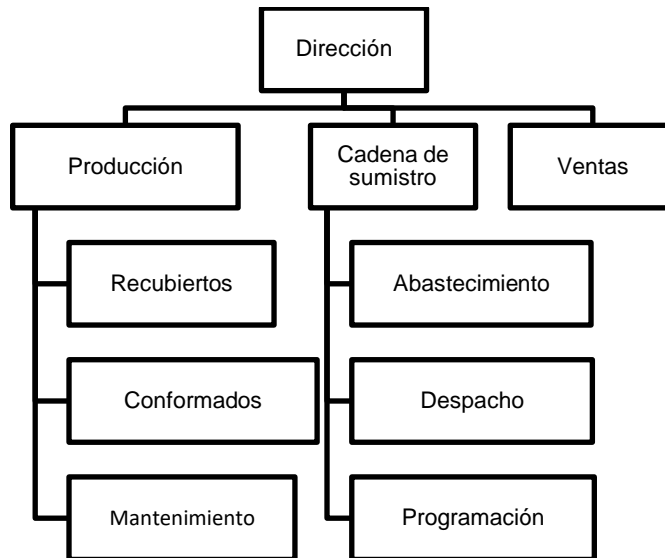
7.1. Empresa siderúrgica

La empresa siderúrgica ubicada en Villa Nueva, Guatemala se dedica a la producción de acero laminado recubierto para techos. El proceso de producción abarca desde el proceso de aplicación del recubrimiento metálico sobre el acero a través de una línea de galvanizado continua por inmersión, hasta el proceso de formado de perfiles de lámina a través de máquinas de rodillos formados que dan la forma de lámina acanalada, también conocida como lámina corrugada, utilizada para techos de viviendas y demás estructuras.

7.1.1. Estructura organizacional

La empresa siderúrgica para el desarrollo de sus funciones se divide en la siguiente estructura organizacional:

Figura 2. **Organigrama de empresa siderúrgica**



Fuente: elaboración propia.

El Departamento de Producción está compuesto por dos procesos de manufactura, recubiertos y conformados. El trabajo de investigación se realizará en el departamento de producción por lo que el enfoque se hará en esta parte de la organización de la empresa.

7.1.2. Proceso de recubiertos

Sobre el proceso de recubiertos González (2005) afirma:

Es un proceso por medio del cual el hierro o el acero es cubierto por una capa de zinc, la cual protege al material de la corrosión producida por agentes ambientales. Las ventajas de los recubrimientos de zinc proporcionan una duración excepcional de los materiales, una resistencia mecánica elevada, una protección integral de las piezas (interior y

exteriormente), facilidad de pintar y eliminar la necesidad de mantenimiento. (p.7)

La aplicación de el recubrimiento metálico de zinc hace al acero recubierto el producto ideal para la utilización en techos de viviendas y estructuras, esto debido a su resistencia a la oxidación. Al respecto Castillo (2017) afirma:

La oxidación es el estado de los átomos en donde carecen de electrones y se producen cuando interactúan dos o más sustancias. El átomo de metal pasa de un estado neutral a una carga positiva de iones cuando entra en contacto con el oxígeno, produciendo el óxido. El oxígeno presente en el aire es un agente oxidante, es por eso que los metales que se encuentran al aire libre se oxidan fácilmente. (p.8)

Si bien el recubrimiento metálico de zinc protege a la lámina de la oxidación, esta protección tiene un tiempo de vigencia el cual depende de variables externas como el almacenamiento de lámina de acero y la humedad del ambiente.

7.1.2.1. Proceso de conformados

Este proceso del área de producción consiste en la utilización como materia prima del acero recubierto producido en el área de recubiertos para a formación de láminas acanaladas, también conocidas como lámina corrugada, que son utilizadas para techos de viviendas y demás estructuras. La formación de la lámina se realiza en máquinas con estaciones continuas de rodillos, los cuales deforman de continua y gradualmente la lámina hasta su forma final. Al respecto Yoong (2012) afirma:

El conformado de rodillos o *roll forming* en inglés, es un proceso de formado en frío de láminas metálicas a través de estaciones de rodillos contorneados sin cambiar el espesor del material. Cada estación puede tener más de dos rodillos. Este proceso solo se produce el doblado de las láminas metálicas debido a esto el espesor no cambia durante el proceso, excepto una pequeña reducción en la curvatura doblada. Es un proceso flexible que permite la producción en grandes cantidades que requiere poca manipulación del producto en el proceso. (p.3)

7.1.2.2. Tipos de conformado de rodillos

El proceso de conformado de rodillos se divide fundamentalmente en dos tipos de acuerdo a la forma en que se ingresa la materia prima a la máquina, si la lámina de acero se ingresa a la máquina cortada a la medida deseada entonces es denominado de corte previo; por el contrario, si la lámina ingresa al proceso desde una bobina de acero el cual es desenrollado en un debobinador y posterior al conformado por rodillos es cortada a la medida deseada entonces se considera un proceso de corte posterior.

7.2. Manufactura Esbelta

Es la metodología que se utilizará en este diseño de investigación, se describen a continuación sus orígenes y fundamentos.

7.2.1. Concepto

Las organizaciones desarrollan sus actividades en ambientes de alta competencia, donde la reducción del desperdicio de recurso representa un aspecto relevante para aumentar la competitividad de las organizaciones. A partir

de la necesidad de reducir estos desperdicios se origina la Manufactura Esbelta, o *Lean Manufacturing* en inglés, un término que representa un conjunto de herramientas y no a una única herramienta, como refieren Hernández, J. y Vizán (2013)

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. (p.10)

La Manufactura Esbelta no es una filosofía que se puede desarrollar de forma estática, con un inicio y un final definido, sino implica un cambio constante, a través del aprendizaje “no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica” (Hernández, 2013, p.10)

La implementación de la filosofía de Manufactura Esbelta es un proceso prolongado, que requiere de esfuerzo y convencimiento para que sea exitosa, como afirma Ibarra, V. y Ballesteros (2017):

Si su implementación se lleva acabo de manera correcta, la empresa tendrá como resultados la eliminación de todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos, el aumento del valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere, la reducción de los desperdicios y mejorarán las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador, al igual que se obtendrán mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad. (p.3)

7.2.2. Origen

Los orígenes de lo que hoy se conoce como Manufactura Esbelta, o *Lean Manufacturing* en inglés, se reconoce en Japón con la creación del Sistema de Producción Toyota. Al respecto Hernández, y Vizán, (2013) comentan:

A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, dos jóvenes ingenieros de la empresa (...), visitaron las empresas automovilísticas americanas. Por aquel entonces el sistema americano propugnaba la reducción de costes fabricando vehículos en grandes cantidades, pero limitando el número de modelos. Observaron que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón y que el futuro iba a pedir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. Concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros, incluyendo los de aprovechamiento de las capacidades humanas. (p.15)

7.2.3. Desperdicios en manufactura esbelta

La definición de la Manufactura Esbelta establece desde el inicio la intención de mejorar las operaciones industriales con la reducción de los desperdicios asociados a estas actividades. En este sentido se establece que un desperdicio es la utilización de recursos en actividades que no transfieren valor al cliente, como afirma Hernández, y Vizán, A. (2013):

El valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente esté dispuesto a comprar. (...) El valor

añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva. En este punto, en el entorno *Lean* se define despilfarro como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. No se debe cometer el error de confundir desperdicio con lo necesario, es decir, cuando identificamos una operación o proceso como desperdicio, por no añadir valor, asociamos dicho pensamiento a la necesidad de su inmediata eliminación y eso nos puede crear confusión y rechazo. (p.21)

De forma general en Manufactura Esbelta se reconocen 7 desperdicios principales en las operaciones los cuales deben ser eliminados, al respecto Ibarra y Ballesteros (2017) afirman: “La eliminación del desperdicio es la forma más eficiente de aumentar la rentabilidad de cualquier organización por eso es importante entender exactamente qué es y dónde se encuentra. Y lo que es más importante, sin aumentar el estrés de las personas”. (p.5)

7.2.3.1. Inventario

Este desperdicio puede ser considerado uno de los más relevantes en las organizaciones porque “Encubren productos muertos que generalmente se detectan una vez al año cuando se realizan los inventarios físicos. Se trata de productos y materiales obsoletos, defectuosos, caducados, rotos, etc.” (Hernández y Vizán, 2013, p.22).

Los inventarios son parte de las operaciones normales de una empresa, como afirma Briseño (2009):

Es necesario tener un inventario el cual nos guarde por algún tiempo definido el material listo para embarcarse al cliente. Esto es debido a que

los programas de producción deben ser flexibles en la manera de lo posible, para poder absorber cualquier alta o baja en la demanda, y que gracias a este inventario se pueda controlar lo que recibe el cliente. (p.25)

El inventario en las operaciones no se restringe únicamente al almacenamiento de producto terminado, sino que también considera el almacenamiento de materias primas, productos en proceso, insumos, repuestos, etc. El riesgo de mantener inventarios elevados es la posibilidad de dejar artículos estancados, como afirma Briseño (2009):

Es esencial el dar disposición a materiales obsoletos y producir sólo el número de artículos indicado. Debido que este desperdicio se basa en material que se acumula en el lugar de trabajo, entre procesos, o como producto final que podría ser entregado al cliente. Tiene muchos motivos, y en él se computan tanto los inventarios de insumos, como de repuestos, productos en proceso e inventario de productos terminados. (p.26)

7.2.3.2. Sobreproducción

Este desperdicio guarda relación con el anterior, debido a que la producción desmedida implica la utilización de recursos para producir productos no requeridos por el cliente, al respecto Hernández y Vizán (2013) refieren:

Sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada, lo que representa claramente un consumo inútil de material que a su vez provoca un incremento de los transportes y del nivel de los almacenes. (p.24)

Algunas de las causas de este desperdicio es la mala definición inicial de los procesos, lo cual consiste en sobre capacidad productiva que en ambientes exigentes de producción donde se persigue la continuidad de las líneas productivas entonces se produce en exceso, más de lo necesario.

7.2.3.3. Tiempo de espera

Al respecto Hernández y Vizán (2013) afirman:

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Por ello, es preciso estudiar concienzudamente cómo reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación. (p.24)

Este desperdicio tiene la particularidad respecto a los dos anteriores que es perceptible a plena vista, como afirma Briseño (2009):

Se vuelve evidente que los trabajadores se encuentren en estado ocioso, debido a que han completado las cantidades de trabajo requerida, o bien empleados que ocupan mucho tiempo viendo máquinas trabajar pero que son faltos de aporte al proceso para prever problemas, siendo dos ejemplos de lo que el desperdicio de la espera puede ser. (p.30)

7.2.3.4. Movimientos innecesarios

Restrepo (2017) afirma que cualquier movimiento de personas o equipamiento que no añada valor al producto es un desperdicio. Todo

movimiento extra como subir o bajar escaleras de más, incluso caminar innecesariamente es un desperdicio. Las causas más comunes de movimiento innecesario son:

- Baja eficiencia de los trabajadores.
- Malos métodos de trabajo: flujo de trabajo poco eficiente, métodos de trabajo inconscientes o mal documentados.
- Mala distribución de la planta.
- Falta de orden, limpieza y organización.

7.2.3.5. Transportes innecesarios

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados. (Hernández y Vizán, 2013, p.25)

7.2.3.6. Reprocesamientos

Este desperdicio considera todas las actividades o recursos consumidos de forma extraordinaria en un producto debido a un fallo en el flujo normal de actividades, este reproceso es realizado para minimizar el impacto de dichos fallos en el producto final. “Realizar trabajo extra sobre un producto es un desperdicio difícil de detectar ya que muchas veces el responsable de este no sabe que lo está haciendo. Se resume en tomar pasos innecesarios para

procesar artículos y proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente” (Salazar, 2017, párr. 4).

7.2.3.7. Defecto

En las operaciones normales suelen presentarse errores en cualquier etapa del proceso, y los errores son como tal un desperdicio de recursos como afirma Hernández y Vizán (2013):

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos. (p.26)

7.2.4. Herramientas de Manufactura Esbelta

La definición de Manufactura Esbelta indica que es un conjunto de herramientas, por lo que, de acuerdo a cada situación que se someta a análisis tendrá que elegir entre las diversas herramientas disponibles para la reducción de desperdicios.

7.2.4.1. Metodología cinco S's

Esta herramienta se basa en el orden y limpieza de los procesos, es una herramienta básica para empezar a ordenar las actividades, como afirma González (2017):

El concepto de 5's en esencia se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor calidad de vida al trabajo, puesto que es una mejora realizada por la gente para la gente. " esta metodología se fundamenta en 5 palabras de origen japones:

- Seiri: Separar
- Seiton: Ordenar
- Seiso: Limpiar
- Seiketsu: Estandarizar
- Shitsuke: Disciplina

7.2.4.2. Kanban

Esta palabra japonesa se traduce literalmente en letrero, o tarjeta, puesto que esta señalización forma parte de un modelo de ordenamiento de la producción. Las tarjetas *kanban* son un componente clave de *kanban* y señalan la necesidad de transportar materiales dentro de una fábrica o desde un proveedor externo a la fábrica. La tarjeta *kanban* es, en efecto, un mensaje que señala que hay una necesidad de productos, repuestos o inventario, y cuando se reciben el *kanban* lanza el proceso de reposición de ese producto, repuesto o inventario. El consumo por tanto dirige la demanda de más producción, y la

demanda de más producto se señala a través de la tarjeta *kanban*. Las tarjetas *kanban* por tanto ayudan a crear un sistema dirigido por la demanda. (*Lean Manufacturing* , 2013)

7.2.4.3. Kaizen

En su traducción literal del japonés significa mejora. “El principio en el que se sustenta el método *Kaizen*, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes.” (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

Como el resto de las herramientas de Manufactura Esbelta, la implementación del modelo *Kaizen* debe partir desde el recurso personal, como afirman Hernández, y Vizán, . (2013):

Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de mejora continua. La mejora continua y el espíritu *Kaizen*, son conceptos maduros, aunque no tienen una aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo. (p.28)

7.2.4.4. SMED

El nombre de esta metodología son las siglas de las palabras en inglés Single Minute Exchange of Dies y su objetivo es minimizar el tiempo de preparación de la maquinaria con un análisis a detalle del proceso bajo en análisis. Este análisis a detalle de los tiempos de preparativos es relevante como indican Hernández, y Vizán, (2013):

La reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración y es importante por varios motivos. Cuando el tiempo de cambio es alto los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios. (p.42)

7.2.4.5. Estandarización

La estandarización es una herramienta importante en la implementación de Manufactura Esbelta, puesto que define el modo de hacer la cosas, Hernández, y Vizán, (2013) afirman:

La estandarización en el entorno de fabricación japonés se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua (...). Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación, se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: Un estándar se crea para mejorarlo. (p.46)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Empresa siderúrgica

1.1.1. Estructura organizacional

1.1.1.1. Proceso de recubiertos

1.1.1.2. Proceso de conformados

1.1.1.2.1. Tipos de conformado de rodillos

1.2. Manufactura esbelta

1.2.1. Concepto

1.2.2. Origen

1.2.3. Desperdicios en manufactura esbelta

1.2.3.1. Inventario

1.2.3.2. Sobreproducción

1.2.3.3. Tiempo de espera

1.2.3.4. Movimientos innecesarios

1.2.3.5. Transportes innecesarios

- 1.2.3.6. Reprocesamientos
- 1.2.3.7. Defectos
- 1.2.4. Herramientas de manufactura esbelta
 - 1.2.4.1. Metodología cinco S's
 - 1.2.4.2. Kanban
 - 1.2.4.3. Kaizen
 - 1.2.4.4. SMED
 - 1.2.4.5. Estandarización

- 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología de la investigación a realizar, en la misma se detalla el diseño, enfoque, alcance, variables e indicadores, fases y resultados esperados.

9.1. Enfoque

El enfoque de esta investigación es mixto porque se analizarán tanto variables cuantitativas como cualitativas. Las variables cuantitativas principalmente para el control del proceso y cantidad de mermas en materia prima, y variables cualitativas como los defectos de lámina acero que clasifican una lámina como de primera o de segunda calidad.

9.2. Diseño

La investigación tiene un diseño no experimental, debido a que, con el análisis de la información recolectada sobre el proceso y sus variables, se definirá una solución propuesta para la reducción de mermas en materia prima. No se requieren ensayos de laboratorio para la obtención de ninguna información.

9.3. Tipo

El estudio será de tipo transversal dado que abarca un período de tiempo determinado, con fecha de inicio y fecha de finalización. Y retrospectivo porque se analizarán bases de datos históricas disponibles en los sistemas informáticos

de la organización y a partir de las mismas se desarrollará el diagnóstico y la propuesta de solución.

9.4. Alcance

El alcance de la investigación será descriptivo debido a que se evidenciarán las condiciones de las variables que se presentan en el proceso de acanalado de lámina de acero, el análisis de estas condiciones ya definidas del proceso a partir de la recolección de información y observaciones permitirá definir la solución propuesta.

9.5. Variables e indicadores

Para realizar el análisis propuesto en este diseño de investigación se definen las siguientes variables de investigación y sus correspondientes indicadores.

Tabla I. Variables e indicadores

Nombre de la variable	Tipo	Indicadores	Técnica	Método de tabulación	
Análisis de las condiciones iniciales en proceso de acanalado de lámina de acero	Cuantitativa	Consumo de materia prima por actividad (kg) Frecuencia: diaria	\sum kg de materia prima consumidos por actividad	Diagrama de flujo de proceso	Hoja de datos de Excel
		Material a reproceso por orden (kg) Frecuencia: diaria	\sum Material enviado a reproceso por orden de producción	Diagrama de flujo de proceso	Hoja de datos de Excel
		Material a reproceso por calibre (kg) Frecuencia: diaria	\sum Material enviado a reproceso por calibre	Diagrama de flujo de proceso	Hoja de datos de Excel
		Material a reproceso por cambio de producto (kg) Frecuencia: diaria	\sum Material enviado a reproceso por cambio de producto	Diagrama de flujo de proceso	Hoja de datos de Excel
		Merma de materia prima (kg) Frecuencia: diaria	\sum Materia prima consumida - \sum Materia primera calidad producida	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
Implementación de manufactura esbelta en proceso de acanalado de acero	Cuantitativa	Material degradado a segunda calidad (kg) Frecuencia: semanal	\sum Material degradado a segunda calidad	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
		Defecto de degradación (%) Frecuencia: semanal	\sum Material degradado por cada defecto / \sum Material degradado a segunda calidad	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
		Rendimiento de materia prima (%) Frecuencia: semanal	\sum Materia primera calidad producida / \sum Materia prima consumida	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
		Recuperación de material reprocesado (%) Frecuencia: mensual	$(\sum$ Material reprocesado - \sum Material degradado a segunda calidad) / \sum Material reprocesado	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
Evaluación de los beneficios de la implementación de Manufactura Esbelta en proceso de acanalado de acero	Cuantitativa	Variación de rendimiento de materia prima (%) Frecuencia: mensual. A partir del segundo mes de la implementación	Rendimiento materia prima (mes n) - Rendimiento materia prima (mes n + 1)	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel
		Recursos consumidos en área de reprocesos (Q.) Frecuencia: mensual. A partir del segundo mes de la implementación	\sum Recursos consumidos en área de reprocesos	Base de datos de SAP	Hoja de datos de Excel

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases de la investigación

La realización del diseño de investigación propuesto se lleva a cabo en cuatro fases, las cuales se resumen a continuación y las distintas herramientas de cada una.

- Fase 1 investigación documental: la investigación se inicia con la revisión documental sobre el tema, se revisarán trabajos de investigación recientes y tradicionales para obtener una base teórica sobre la cual se definirán los datos que puedan ser de utilidad para evaluar el proceso de acanalado de lámina de acero desde el punto de vista de manufactura esbelta.
- Fase 2 condición inicial del proceso: con la base teórica se realizará la recopilación de información de forma directa, se recopilará información en la línea de proceso de acanalado de lámina por 3 semanas mediante observación directa, tiempo en el cual se aplicará el formato de flujo de proceso (anexo 3) únicamente al turno diurno. La información obtenida de la variable condición inicial del proceso de acanalado de acero será medida utilizando los indicadores de consumo de materia prima por actividad, material a reproceso por orden, material a reproceso por calibre, material a reproceso por cambio de producto y merma en materia prima.
- Fase 3 implementación de Manufactura Esbelta: una vez recopilada toda la información necesaria, se realizarán los análisis estadísticos para cuantificar la condición inicial del proceso, en esta etapa se utilizarán las herramientas estadísticas y de análisis que se requieran para identificar oportunidades de mejora y diseñar planes de acción de acuerdo con las herramientas de manufactura esbelta. Con la totalidad los indicadores cuantificados y evaluados según tendencia o interrelación, se adoptan las

herramientas de Manufactura Esbelta necesarios en el proceso y que causarán mayor impacto en la reducción de mermas en materia prima. Los resultados de esta implementación se medirán con los indicadores de material degradado a segunda calidad, defecto de degradación, rendimiento de materia prima y recuperación de material reprocesado los cuales son nuevos en el proceso y se medirán durante 3 meses en que se implemente la metodología.

- Fase 4 evaluación de beneficios obtenidos: con la implementación de Manufactura Esbelta en el proceso bajo estudio, 2 meses a partir de la implementación se realiza la medición de la variable evaluación de los beneficios de la implementación de Manufactura Esbelta en proceso de acanalado de acero utilizando el mismo formato que se utilizó en la fase inicial, formato de flujo de proceso (anexo 3) para evaluar el cambio obtenido con la implementación de Manufactura Esbelta desde la condición inicial. Lo mismo se verificará con los indicadores variación de rendimiento de materia prima y recursos consumidos en área de reprocesos.

9.7. Resultados esperados

Con la realización de esta investigación se espera obtener una propuesta de método de trabajo estandarizado que contemple las actividades necesarias para la reducción de mermas en materia prima en proceso de acanalado de lámina de acero en empresa siderúrgica.

Con la reducción las mermas en materia prima, se obtendría un beneficio económico para la organización debido al costo de los reprocesos aplicados a los desperdicios, también mejorar la utilización de la materia prima implicaría obtener

mayor cantidad de láminas de primera calidad para la venta, la cual se comercializa a un mayor margen.

9.8. Población y muestra

La investigación aplicará para el proceso de acanalado de lámina de acero en empresa siderúrgica, dentro del proceso de conformados. Este proceso cuenta con dos turnos diarios que ocupan las veinticuatro horas del día y en la investigación se abarcaran ambos turnos.

9.8.1. Población

Para esta investigación la población establecida será el personal operativo que está comprendido por cuatro operadores y cuatro ayudantes pertenecientes a ambos turnos del día. También se incluirán a los tres supervisores de producción del proceso de conformados, así como la jefatura de producción, con esto se tiene una población total de 12 personas. La población será la misma que la muestra porque se aborda a la totalidad del personal involucrado.

9.8.2. Muestra

Para este trabajo de investigación la muestra será igual a la población, debido a que la cantidad de personas involucradas en el proceso es limitada, no se ocupan grandes recursos para abarcar a toda la población.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

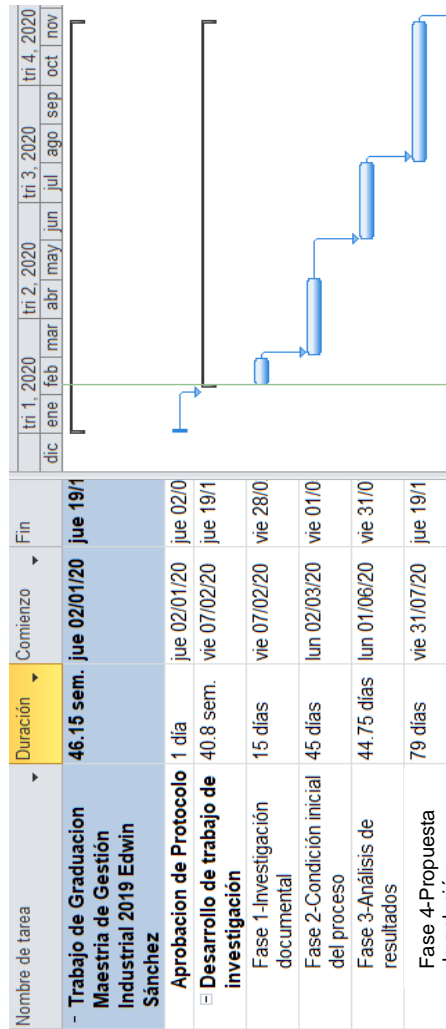
En la primera fase de la investigación de análisis de condición inicial del proceso de acanalado de lámina de acero, la información recopilada mediante observación directa con el formato de flujo de proceso y las bases de datos de producción de sistema SAP, se analizará la tendencia de los indicadores mediante valores promedio apoyado de herramientas como tablas dinámicas en Excel.

En la segunda fase de la investigación, a partir de los resultados obtenidos en la primera etapa, se utilizan herramientas para analizar las causas raíz como diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto y de esta forma se identifican las causas raíz las cuáles serán las abordadas para obtener un mayor impacto con la implementación de Manufactura Esbelta. En esta etapa se utilizan los métodos empíricos para determinar de nueva cuenta tendencias, proporción, relaciones de dependencia.

En la tercera etapa de la investigación donde se cuantificarán los beneficios obtenidos de la implementación, las bases de datos del sistema SAP serán analizados de acuerdo a la variación en el tiempo, identificando una tendencia positiva, en este caso una tendencia decreciente, en la merma de materia prima. Además, la misma tendencia temporal se espera en cuanto al indicador de recursos consumidos en área de reproceso por la menor generación de entradas, mermas en materia prima, generadas a esa área.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible debido a que se cuenta con los recursos para cubrir la investigación, la cual será financiada económicamente al 100% por el investigador y la empresa siderúrgica facilitará el acceso a la información necesaria para el análisis. Se detallan los recursos a ser consumidos:

Tabla II. Recursos humanos

Cantidad	Tiempo (meses)	Descripción de concepto	Precio unidad	Total Parcial
8	1	Personal operativo	Q.0.00	Q.0.00
3	1	Supervisores de producción	Q.0.00	Q.0.00
1	1	Jefe de producción	Q.0.00	Q.0.00
1	12	Asesoría de trabajo de graduación	Q 2,500.00	Q 2,500.00
			Sub total	Q 2,500.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Recursos tecnológicos

Cantidad	Tiempo (meses)	Descripción de concepto	Precio unidad	Total Parcial
1	12	Uso y depreciación de computadora personal	Q 60.00	Q 720.00
1	12	Uso y depreciación de vehículo	Q 160.00	Q 1,920.00
1	4	Uso de impresora	Q 250.00	Q 1,000.00
1	12	Pago de servicio de internet	Q 300.00	Q 3,600.00
			Sub total	Q 7,240.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Recursos materiales**

Cantidad	Descripción de concepto	Precio unidad	Total Parcial
1	Tinta de impresora	Q 500.00	Q 500.00
1	Papel bond tamaño carta	Q 30.00	Q 30.00
1	Útiles de librería	Q 100.00	Q 100.00
Sub total			Q 630.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Resumen financiero**

Rubro	Concepto	Monto
1	Recursos humanos	Q 2,500.00
2	Recursos tecnológicos	Q 7,240.00
3	Materiales	Q 630.00
Total, de inversión		Q 10,370.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Altamirano, D. R. (2018). *Manufactura esbelta para disminuir desperdicios en montaje de calzado cementado*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
2. Arango, H. S. (2012). *Optimización de los procesos que intervienen en la producción de lámina galvanizada en Galvanizadora Centroamericana S.A. (GALCASA)*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. Benites, J. M. (2017). *Manufactura esbelta para elevar la productividad en una empresa manufacturera de línea blanca, Lurín – 2017*. (Tesis de maestría). Universidad Cesar Vallejo. Perú.
4. Briseño, M. A. (2009). *Implementación de manufactura esbelta en proceso de inspección de recibo*. (Tesis de maestría). Tecnológico de Monterrey. México.
5. Castillo, S. M. (2017). *Evaluación del proceso de pasivación, en la fabricación de acero galvanizado utilizando distintas formulaciones, para determinar la resistencia a la corrosión del producto terminado*. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
6. González, H. (2005). *Implementación de un sistema de control de calidad en una planta de lámina galvanizada corrugada de acero*. (Tesis de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

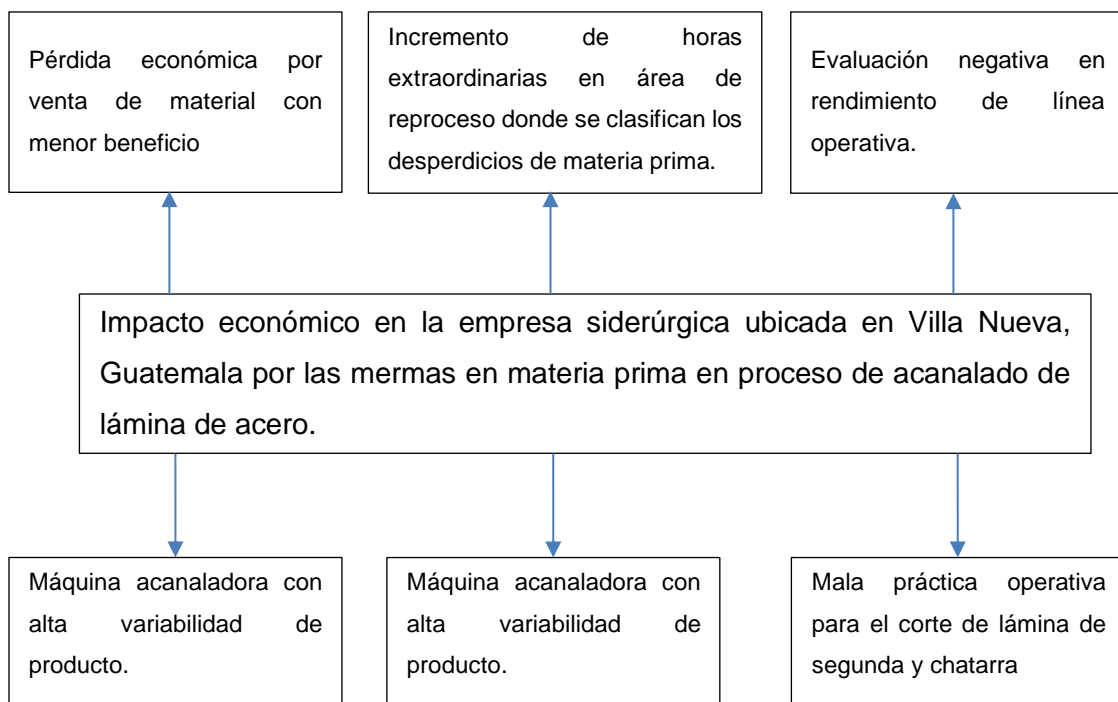
7. Guerrero, E. M. (2018). *El Kaizen como proceso de mejora continua, en el aseguramiento de calidad de las instituciones educativas superiores del Ecuador, período 2015-2016*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ecuador.
8. Hernández, J. C. y Vizán, A. I. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España, Escuela de Organización Industrial.
9. Ibarra, V. M. y Ballesteros, L. L. (2017). *Manufactura Esbelta*. S. R. Aguascalientes, México, Conciencia Tecnológica. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94453640004/94453640004.pdf>
10. Restrepo, L. M. (2017). *Los 7 desperdicios del Lean Manufacturing*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de: <http://mdc.org.co/desperdicios-lean-manufacturing>
11. Salazar, A. (s.f.) *Los 7 desperdicios*. (Artículo) Nuevo Leon, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado el 9 de septiembre de 2019, de: https://www.academia.edu/40585416/Los_7_Desperdicios_del_Lean_Manufacturing
12. Sánchez, S. A. (2017). *Aplicación de herramientas específicas de manufactura esbelta para Etipress S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

13. Santizo, E. (2014). *Diseño de investigación en la aplicación de la manufactura esbelta en la industria de puertas y ventanas europeas para el aumento de la capacidad instalada*. (Tesis de maestría) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
14. Tapia, J. C. (2017). *Marco de referencia de la aplicación de manufactura esbelta en la industria*. (Artículo) Chihuahua, México , Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Recuperado el 13 de septiembre de 2019, de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cyt/v19n60/0718-2449-cyt-19-60-00171.pdf>
15. Wilches-Arango, M. J. y Cabarcas, J. C. (2013) *Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina*. (Artículo) Revista Dimensión Empresarial. Barranquilla, Colombia, Universidad Autónoma del Caribe.
16. Yoong, C. G. (2012). *Proyecto para implementación de una planta para conformado de láminas metálicas con una capacidad de 500 toneladas por mes*. (Tesis de licenciatura). Escuela Literal Politécnica del Litoral. Ecuador.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol del problema

Impacto económico en la empresa siderúrgica ubicada en Villa Nueva, Guatemala por las mermas en materia prima en proceso de acanalado de lámina de acero.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Formulación del problema	Objetivo	Variante	Indicadores	Técnica	Metodología
¿Cómo la utilización de herramientas de manufactura esbelta puede reducir la cantidad de mermas en materia prima en el proceso de acanalamiento de lámina de acero en una empresa siderúrgica?	Reducir las mermas en materia prima en el proceso de acanalamiento de lámina de acero aplicando herramientas de manufactura esbelta	Consumo de materia prima por actividad (kg) Medición: diaria	\sum kg de materia prima consumidas por actividad Medición: diaria		
¿Por qué el proceso de acanalamiento de lámina de acero está generando mayor cantidad de mermas en materia prima?	Analizar las condiciones en el proceso de acanalamiento de lámina de acero que están causando las mermas en materia prima	Análisis de las condiciones iniciales en proceso de acanalamiento de lámina de acero	Material a reproceso por orden (kg) Material a reproceso por calibre (kg) Material a reproceso por cambio de producto (kg) Mermas de materia prima (kg) Material degradado a segunda calidad (kg) Defecto de degradación (%) Rendimiento de materia prima (%) Recuperación de material reprocessado (%)	Las técnicas e instrumentos para la investigación se inicia con la recopilación de datos de observación directa apoyado de la herramienta del diagrama de proceso, así como el análisis de las bases de datos del proceso en el sistema SAP	La metodología consiste de la revisión en campo a través del diagnóstico de situación inicial del proceso, a través de los datos tabulados se realiza el análisis utilizando las herramientas de manufactura esbelta para una mejora en el proceso en la reducción de materia prima.
¿Cómo la utilización de manufactura esbelta puede reducir las mermas en proceso de acanalamiento de lámina de acero?	Implementar Manufactura Esbelta en proceso de acanalamiento de lámina de acero para reducir las mermas en materia prima.	Implementación de manufactura esbelta en proceso de acanalamiento de acero	\sum Material enviado a reproceso por orden de producción Medición: diaria \sum Material enviado a reproceso por calibre Medición: diaria \sum Material enviado a reproceso por cambio de <i>product</i> Medición: diaria \sum <i>Materia prima consumida</i> - \sum <i>Materia primera calidad producida</i> Medición: diaria \sum Material degradado a segunda calidad Medición: mensual $\frac{\sum \text{Material degradado por cada defecto}}{\sum \text{Materia prima consumida}}$ Medición: semanal $\frac{\sum \text{Materia primera calidad producida}}{\sum \text{Materia prima consumida}}$ Medición: mensual $\frac{\sum \text{Material reprocessado} - \sum \text{Material degradado a segunda calidad}}{\sum \text{Material reprocessado}}$ Medición: mensual		
¿Qué beneficios puede obtener la organización de la reducción de las mermas en materia prima en proceso de acanalamiento de lámina de acero?	Evaluar los beneficios obtenidos por la empresa siderúrgica de la utilización de Manufactura Esbelta en proceso de acanalamiento para la reducción de mermas en materia prima.	Evaluación de los beneficios de la implementación de Manufactura Esbelta en proceso de acanalamiento de acero	Rendimiento materia prima (mes n) - Rendimiento materia prima (mes n+1) Medición: Mensual. A partir del segundo mes de la implementación. Recursos consumidos en área de procesos Medición: Mensual. A partir del segundo mes de la implementación.		

Fuente: elaboración propia.

