



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE
UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE
INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN
UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS
COMERCIALES**

Génard Samuel Contreras García

Asesorado por el Msc. Ing. Edwin Manolo Tock Amézquita

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE
UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE
INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN
UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS
COMERCIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GÉNARD SAMUEL CONTRERAS GARCÍA

ASESORADO POR EL MGTR. ING. EDWIN MANOLO TOCK AMEZQUITA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2022

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. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Sergio Roberto Barrios Sandoval
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Luis Pedro Ortiz de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento de 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 PARA LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE
UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE
INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN
UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS
COMERCIALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha 15 de noviembre de 2021.


Genard Samuel Contreras García



EEPFI-PP-0261-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS COMERCIALES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Génard Samuel Contreras García** carné número **201314260**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión Industrial.

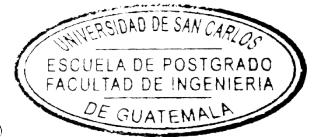
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Edwin Manolo Tock Amézquita
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 9742

Mtro. Edwin Manolo Tock Amézquita
Asesor(a)



Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EMI-0261-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS COMERCIALES**, presentado por el estudiante universitario **Génard Samuel Contreras García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.205.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN Y REDISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA ELIMINAR LOS DEFECTOS Y VARIACIONES QUE INCREMENTAN LOS COSTOS DE MALA CALIDAD Y ALTA RESPUESTA AL CLIENTE, EN UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA MANUFACTURA DE REFRIGERADORAS COMERCIALES,** presentado por: **Génard Samuel Contreras García**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, salud, y fuerzas cuando más lo necesité y por permitirme alcanzar esta meta.
- Mis padres** Genar Contreras y Dinora García, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y formación profesional. Por enseñarme los consejos y valores que me han permitido llegar hasta aquí.
- Mi hermano** Estuardo Contreras, por ser mi maestro en la vida, por brindarme sus sabios consejos, por su apoyo, cariño y comprensión inagotable.
- Mi familia** A mis tías, tíos, primos. Por su apoyo y muestras de cariño, además de siempre poder contar con ellos cuando mis padres no podían.
- Amigos** César Pérez, Rosy Portuguez y Carlos Ramírez; por ser mis compañeros de viaje en este camino lleno de retos, por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios, y por brindarme los conocimientos que hoy me permiten formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme estudiar y formar mis conocimientos y habilidades en sus aulas, donde conocí a mis amigos y grandes catedráticos.
Mis amigos	Por su guía, apoyo y consejos a lo largo de nuestra carrera universitaria.
Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad de seguir expandiendo mis conocimientos formando un profesional a nivel de postgrado con altas capacidades y competencias, con las que pueda aportar soluciones coherentes y éticas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Formulación del problema	8
3.2.1. Pregunta central	8
3.2.2. Preguntas de investigación	8
3.3. Delimitación de estudio	9
3.3.1. Límite geográfico	9
3.3.2. Límite espacial	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	15

7.	MARCO TEÓRICO	21
7.1.	Refrigeradores comerciales.....	21
7.1.1.	Compresor.....	21
7.1.2.	Condensador	21
7.1.3.	Evaporador	22
7.1.4.	Tubo Capilar.....	22
7.1.5.	Termostato	22
7.1.6.	Refrigerante.....	22
7.1.6.1.	Características del refrigerante	23
7.1.6.2.	Tipos de refrigerantes	24
7.1.7.	Funcionamiento de un sistema de refrigeración	24
7.2.	Herramientas de diagnóstico de Lean	26
7.2.1.	Las 5S (5 eses)	27
7.2.2.	Takt time	30
7.2.3.	Kanban.....	31
7.2.4.	Poka-Yoke.....	31
7.3.	Herramientas de diagnóstico 6 sigma	31
7.3.1.	DMAIC.....	32
7.3.2.	Diagramas de causa/efecto	33
7.3.3.	Diagramas de Pareto.....	35
7.3.4.	Gráficos de control	35
7.3.5.	Tipos de gráficos de control.....	36
7.3.5.1.	Gráficos de control por variables	36
7.3.5.2.	Gráficos por atributos	36
7.3.5.3.	Procedimiento para hacer un gráfico de control.....	37
7.3.6.	Diagramas de flujo.....	38
7.3.7.	Listas de verificación	38

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	41
9.	METODOLOGÍA	45
9.1.	Características del estudio.....	45
9.1.1.	Enfoque	45
9.1.2.	Diseño	45
9.1.3.	Alcance	46
9.2.	Unidad de análisis	46
9.3.	Variables e indicadores	46
9.4.	Fases del estudio.....	48
9.4.1.	Fase 1. Reconocimiento y revisión documental del proceso	48
9.4.2.	Fase 2. Análisis del proceso actual de la fabricación de refrigeradores.....	48
9.4.3.	Fase 3. Análisis de los equipos fabricados.....	49
9.4.4.	Fase 4. Recopilación y diagnóstico de defectos generados en línea	49
9.4.5.	Fase 5. Diagnosticar los defectos más comunes	50
9.4.6.	Fase 6. Definir los puntos críticos donde ocurren los fallos.....	50
9.4.7.	Fase 7. Establecer límites aceptables de defectos en lámina	50
9.4.8.	Fase 8. Desarrollar un sistema de monitoreo de los puntos críticos	51
9.4.9.	Fase 9. Definir planes de acciones	51
9.4.10.	Fase 10. Documentación de mejoras correctivas....	51
9.4.11.	Fase 11. Medir los resultados de las acciones correctivas	52

9.4.12.	Fase 12. Implementar mejoras al sistema de producción.....	52
9.4.13.	Fase 13. Mejora de procesos secundarios según priorización.....	52
9.4.14.	Fase 14. Control y monitorio de las acciones de mejora implementadas	52
9.4.15.	Fase 15. Desarrollo de un plan de capacitación de la correcta manipulación de los equipos	53
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
11.	CRONOGRAMA	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	59
12.1.	Presupuesto.....	59
	REFERENCIAS.....	61
	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	19
2.	Ciclo de refrigeración	26
3.	Diagrama de causa y efecto.....	34
4.	Cronograma de investigación.....	57

TABLAS

I.	Definiciones de las 5S.....	28
II.	Unidad de análisis	47
III.	Presupuesto.....	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar estadounidense
€	Euro
°	Grados
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
°F	Grados Fahrenheit
h	Horas
=	Igual que
Km	Kilómetro
KW	Kilovatio
PSI	Libra por pulgada cuadrada
>	Mayor que
<	Menor que
5S	Metodología 5S
m	Metro
mm	Milímetro
m³	Metro cúbico
'	Pies o minutos
%	Porcentaje
”	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
∑	Sumatoria
s	Segundo

W

Vatio

V

Voltio

GLOSARIO

Acción correctiva	Procedimientos que se deben implementar cuando se produce una desviación.
Calidad	La calidad se refiere a la capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro.
Defecto de producción	Defectos ligados a la producción en serie, generalmente originados por una falla mecánica, error humano o anomalías de materia prima.
DMAIC	Definir, medir, analizar, mejorar, controlar
Eficacia	Medida del logro de resultados.
Eficiencia	Cumplir los resultados con la mayor optimización de recursos.
Estación de trabajo	Área física donde un trabajador con herramientas o con máquinas, efectúa un conjunto particular de tareas.

Estandarización	Implantación de normas claras y precisas de los métodos y formas de ejecutar un proceso concreto, un procedimiento de trabajo, la forma de actuar de un equipo de trabajo, entre otros.
Línea de producción	Grupo de varias estaciones de trabajo, en donde se llevan a cabo diferentes operaciones para elaborar un producto.
Mejora continua	Se refiere a que siempre se está en un proceso de cambio, de desarrollo y con posibilidades de mejorar.
Método	Proceso o camino sistemático establecido para realizar una tarea o trabajo, con el fin de alcanzar un objetivo predeterminado.
Metodología	Grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo.
Monitoreo	Proceso permanente que consiste en revisar el cumplimiento de las actividades programadas y si con esas actividades estamos alcanzando las metas propuestas.
Optimizar	Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

Procedimiento	Es un conjunto de acciones que tienen que realizarse todas igualmente, para obtener los mismos resultados bajo las mismas circunstancias.
Proceso	Conjunto de tareas, actividades o acciones interrelacionadas entre sí para la transformación de un objeto.
Productividad	Grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles, para alcanzar objetivos predeterminados.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.

RESUMEN

Los cámaras de refrigeración ha sido uno de los inventos que ha venido a revolucionar la manera en cómo podemos llegar a conservar y preservar nuestros productos por mucho más tiempo, y no solo de alimentos, sino que también productos químicos.

Este trabajo de graduación busca la manera de optimizar un proceso ya existente en una planta de frigoríficos que se ubica en la ciudad de Guatemala, y que actualmente cuenta con un diseño que no es el más adecuado para controlar de manera eficiente el proceso de calidad, por lo tanto, se realizará una investigación para rediseñar el flujo actual y que de esta manera se logre eliminar los defectos que se producen por cuestiones humanas.

Con esta investigación se pretende reducir los costos que se van generando al momento de reparar los golpes y rayones que se producen en el proceso productivo utilizando herramientas de calidad y otras metodologías como lo es lean 6 sigma. Desglosando sus herramientas para encontrar las causas raíz del problema y poder dar una solución coherente a la problemática que actualmente se tiene en esta empresa.

Al eliminar los costos de mala calidad se tiene considerado aumentar relativamente la ganancia que se obtiene por cada equipo, así mismo, se lograría una pronta respuesta de despachos al cliente y se aumentaría la rentabilidad de la empresa.

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo optimizar y rediseñar una línea de producción para eliminar los defectos y variaciones que permitirá reducir los costos de mala calidad y alta respuesta al cliente, en una industria dedicada a la manufactura de refrigeradoras comerciales ubicada en la zona 2 del municipio de Mixco, Guatemala.

La empresa se dedica a la fabricación de frigoríficos, refrigeradores y congeladores comerciales y cuentan con una amplia gama de productos y modelos diferentes que se adaptan a la necesidad de los consumidores. Una de las ventajas competitivas de esta empresa es que ofrece la capacidad de personalizar los refrigeradores al gusto del cliente para que destaquen en el mercado.

La razón principal de realizar este trabajo de investigación es encontrar y mitigar los defectos que se generan en el proceso productivo, ya que, en su mayoría, los equipos sufren daños, rayones, abolladuras entre otros mientras se encuentran en la línea de producción, esto genera que los equipos dañados pasen por un reproceso, desde un proceso de enderezado y pintura, hasta un cambio de pieza que se debe pedir al departamento de metales para que la vuelvan a reprocesar. A su vez esto provoca que los equipos requieran de proceso adicional que, si no son urgentes de despacho se van almacenando como equipos incompletos que sobrepasa la cantidad que bodega es capaz de almacenar que trae como consecuencia disfuncionalidad.

Con la aplicación de las herramientas necesarias para llevar a cabo la investigación y que posteriormente se sintetizaran en el marco teórico de esta investigación, servirá para encontrar una solución óptima mitigando el problema desde la causa raíz. Esto aportará beneficios a la empresa, ya que se reducirán los costos de reparación y materiales, los costos de almacenamiento, costos de mano de obra y se logrará una respuesta al cliente más rápida y eficiente.

En el capítulo 1, se presentan los antecedentes que se toman como referencia para darle una estabilidad rígida y sólida a la investigación, que fueron obtenidos de artículos y casos similares al problema en cuestión.

En el capítulo 2, se presenta el marco teórico, el cual contiene la información sintetizada y necesaria para conocer el proceso de un sistema de refrigeración, sus componentes y su proceso de fabricación, dentro del cual se detalla la base requerida para la detección de defectos y problemas en el proceso productivo.

En el capítulo 3 se hablará y se presentarán los datos acerca del desarrollo de la investigación, esta información se desarrollará con la ayuda de la observación participativa del investigador, información que está enfocada directamente en el proceso de fabricación de refrigeradores comerciales y componentes especiales que conforman el producto.

En el capítulo 4 se estarán presentando los resultados que se obtendrán en el desarrollo del trabajo de graduación, estos se plantean con base a los objetivos específicos del trabajo, los mismos se deben cumplir para alcanzar con el éxito de la investigación

En el capítulo 5, luego de haber obtenido la información necesaria, se presentará la discusión de resultados de forma descriptiva, estos datos se explicarán de forma detallada y el cumplimiento que se alcanzó con respecto a los objetivos específicos propuestos para el trabajo de graduación.

2. ANTECEDENTES

En toda industria, el proceso productivo es un lugar donde constantemente se están generando defectos. Molinero (2022) explica que los defectos se dan como resultado de algún percance ocurrido al momento de la fabricación en masa y que pueden deberse tanto a un fallo mecánico como error humano, adicionalmente de conocerse la causa, resultan imposibles de eliminar en el estado actual del proceso y de la técnica empleada.

Los defectos es algo que siempre se encuentran presentes en cualquier proceso productivo y es una tarea que se debe controlar para reducir costos adicionales, es por lo que existen algunas metodologías y herramientas de Lean manufacturing basan en las personas para optimizar procesos Hernández (2018) define manufactura esbelta como “la forma de mejorar y optimizar el sistema de producción, centrándose en identificar y erradicar todo tipo de desperdicios”.

Paredes (2018) realizó la investigación sobre la *Implementación de lean manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa dedicada a la fabricación de metales* indicando, que, a través de herramientas como la Estandarización de Operaciones, SMED, y el Just in time en áreas críticas que pertenecen al proceso productivo, se pudo mejorar la producción de manera efectiva en la organización, los cuales a su vez se traducen en la reducción de defectos, competitividad y rentabilidad para la organización en la que fue implementada.

Aguirre (2014) hizo una investigación sobre el *Análisis de las herramientas que proporciona Lean Manufacturing para la suprimir los desperdicios en las*

pymes. El uso e implementación de las herramientas que proporciona la metodología de manufactura esbelta depende de la necesidad organizacional y de su planeación estratégica para que la misma se lleve a cabo.

En términos de ahorro y de disminución de costos de producción por reprocesos y reparaciones, Palomino (2012), dice que la implementación de las herramientas SMED, *just in time* y 5S generan ahorros muy significativos en los procesos de producción y además, generan un cambio en la cultura de los colaboradores que aportan en el proceso productivo de una organización.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Poseer un equipo que sea capaz de mantener nuestros alimentos y bebidas frías es de vital importancia para mantenerlos frescos cuando se necesiten consumir. Es por ello por lo que, en Fogel de Centro América, se fabrican los mejores equipos de refrigeración comercial de Guatemala, ofreciéndole al cliente un producto de calidad, garantía y buen servicio, tanto durante y su posterior compra. Un equipo debe cumplir con todas las expectativas del cliente, que funcione correctamente, que se entregue limpio y de forma impecable. Pero durante su proceso productivo estos equipos van sufriendo defectos como rayones, abolladuras entre otros, que posteriormente deben ser arreglados y reparados para cumplir con la satisfacción del cliente.

3.1. Descripción del problema

Al momento de producir los equipos, los mismos son transportados por un sistema de rodillos donde los equipos se van empujando manualmente conforme la producción va avanzando. En el área de acabado final y empaque que es el área donde se limpian, reparan, enderezan, pintan y preparan el equipo para su posterior despacho; ha reportado un incremento en la cantidad de equipos que llegan a esta área con desperfectos, abolladuras, rayones, golpes, entre otros. Por lo tanto, los costos de reparación aumentan de manera proporcional según los equipos defectuosos que entran.

Se ha detectado que en las diferentes líneas de producción es donde se generan dichos golpes, rayones, abolladuras. Una línea de producción se compone principalmente de Ensamble 1, Ensamble 2 y Ensamble 3,

posteriormente pasan al área de pruebas y por último al área de acabado final y empaque. El método de transporte por el cual viajan los equipos es sobre una tarima de madera que es más pequeña que el equipo, por lo que da lugar a que los equipos se choquen entre sí, y no entre tarimas de transporte.

Los golpes son provocados por el poco cuidado que tienen los operadores para manejar los equipos durante el proceso productivo, haciendo que choquen unos con otros. Por lo que se busca rediseñar el sistema de transporte para minimizar la cantidad de defectos de producción, con esto se disminuirían los gastos de reparaciones, se aumentaría el tiempo en el que se despachan los equipos al cliente y no se tendría tanto equipo incompleto ocupando espacio en lo que espera su turno para ser reparado y posteriormente despachado.

3.2. Formulación del problema

Para comprender mejor la formulación del problema se plantean a continuación, la pregunta central y las preguntas de investigación.

3.2.1. Pregunta central

¿Cómo reducir los defectos (rayones, abolladuras, golpes) que se generan durante el proceso productivo de una línea de producción que se dedica a la fabricación de equipos de refrigeración comercial?

3.2.2. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las herramientas necesarias para encontrar la causa raíz de los problemas?

- ¿Cuáles son las etapas del proceso en donde se producen los defectos generados durante la producción?
- ¿Cómo se llevará a cabo el control de defectos generados en producción?
- ¿Qué tipo de equipos son los que sufren más daños durante el proceso productivo?
- ¿Cómo se puede minimizar los defectos en los equipos en la línea de producción?
- ¿Qué estrategia se va a utilizar para disminuir los costos de reparación?

3.3. Delimitación de estudio

El presente trabajo se desarrollará para reducir los defectos y rechazos de equipos no conformes por golpes, abolladuras y rayones en una empresa dedicada a la fabricación de refrigeradores comerciales.

El tiempo que se tomará para el rediseño y optimización de las líneas de producción será de seis meses aproximadamente.

3.3.1. Límite geográfico

El trabajo de investigación se realizará en una empresa llamada Fogel de Centro América, S.A. que se encuentra en la zona 3 del municipio de Mixco, Guatemala.

3.3.2. Límite espacial

La investigación tomará lugar en el área de producción, específicamente en las líneas A, B, C y D de la empresa Fogel de Centro América, S.A.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo corresponde a la línea de investigación del área de operaciones optimización de operaciones y procesos de la Maestría en Gestión Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Un refrigerador comercial es capaz de mantener frescos y fríos los alimentos y bebidas que introduzcamos dentro de él, debido a las bajas temperaturas que puede alcanzar al transferir calor desde su interior hacia el exterior por medio de un sistema de refrigeración, que al analizarlo resulta ser muy básico.

La motivación de esta investigación es permitir aplicar las herramientas y metodologías aprendidas, dándole un enfoque a la mejora y optimización de un proceso que está lleno de defectos que se deberán ir identificando para monitorearlos, mitigarlos y controlarlos.

Dentro de los beneficios que esta investigación busca conseguir, es intervenir de forma efectiva en el mejoramiento de una línea de producción que actualmente sufre de constantes reclamos por mala calidad de los productos como, por ejemplo, rayones, golpes, abolladuras; que son generadas durante su proceso productivo.

Al momento de finalizar este trabajo de graduación se obtendrán una serie de beneficios para la empresa ya que logrará reducir la cantidad de defectos que se generan en el proceso productivo y a su vez reducir los gastos por

reparaciones, costos de mano de obra y reducir los tiempos con los que se le entre los productos al cliente.

5. OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación están constituidos de la siguiente forma:

5.1. General

Optimizar una línea de producción para disminuir los defectos que se generan durante la producción, que incrementan los costos de reparación, mano de obra, almacenamiento y logística.

5.2. Específicos

- Determinar las herramientas de calidad o metodologías necesarias para encontrar la causa de los problemas desde su causa raíz.
- Identificar en la línea de producción, cuáles son las áreas o procesos; en donde se generan más los defectos de producción.
- Establecer la dinámica de cómo se identificarán los fallos recurrentes, como se van a contabilizar, mejorar y controlar los procesos para minimizar los defectos de producción, los costos de reparación, mano de obra, almacenamiento y logística.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La principal necesidad que se pretende cubrir con esta investigación es disminuir y mitigar los defectos que se provocan durante el proceso productivo en una empresa que se dedica a la fabricación de refrigeradores comerciales, optimizando así la eficiencia de la línea y por consiguiente reducir los costos por reparaciones que se tienen actualmente.

Los defectos que se generan durante la producción de refrigeradores pueden provocarse por distintas razones, por malas prácticas de manipulación de equipos, herramientas, métodos y procedimientos ineficientes, por lo que un análisis de causa raíz es de vital importancia con el que se pueda identificar la proveniencia de los golpes, rayones o abolladuras en cada etapa del proceso para poder disminuir de manera considerable los defectos.

En la actualidad se ofrecen equipos de refrigeración de alta calidad en un mercado de clientes muy exigentes, y este al ser un producto que se ofrece a un alto precio de venta, y por tener la ventaja de que no existe tanta competencia, se debe garantizar de que el producto se entregue en las mejores y óptimas condiciones, por lo que el rediseño de esta línea de producción y replanteamientos de cómo se manejan los procesos actualmente deben ser eficientes y eficaces para garantizar un producto de calidad.

Para el desarrollo de la propuesta del rediseño y optimización de una línea de producción para reducir los defectos que se van generando, se tienen un plan de acción que contiene bases fundamentales, como lo son el diagnóstico y

determinación de los puntos críticos donde ocurren dichos defectos de producción, creando planes de acción para garantizar la disminución y posible eliminación de rayones, golpes y abolladuras en los equipos que aumentan los costos de fabricación y de materiales y de mano de obra. Esta investigación se realiza con el propósito de detectar desde raíz el problema, documentarlo, tomar acciones correctivas, realizar pruebas e implementar las mejoras mediante una metodología DMAIC, concluyendo con la capacitación del personal y el monitoreo y control constante. Estos aspectos serán el cuerpo de la planificación de esta investigación, por lo que a continuación se describirán las fases de cómo está compuesto el proyecto.

Fase 1. Reconocimiento y revisión documental del proceso: En esta etapa se debe realizar un análisis de la situación actual de los procedimientos e información documentada, esto servirá como un punto de inicio para la investigación, esta fase tiene un tiempo estimado de realización de 15 días.

Fase 2. Análisis del proceso actual de la fabricación de refrigeradores: Se realizará una revisión física del proceso real de la línea de producción y se analizará la información por cada etapa donde pasan los equipos. Esta fase tiene un tiempo estimado de realización de 7 días.

Fase 3. Análisis de los equipos fabricados: Se estudiará el equipo en su fase final, retoques y producto final listo para despachos. Esta fase tiene un tiempo estimado de 7 días.

Fase 4. Recopilación y diagnóstico de defectos generados en línea: Se documentará toda la información y hallazgos de los defectos que se generan durante la producción de un equipo de refrigeración, se tiene un tiempo estimado de 12 días.

Fase 5. Diagnosticar los defectos más comunes: Se analizará y evaluará la información obtenida, y utilizando herramientas como diagramas de Pareto para clasificar los defectos según su no conformidad potencial. Se tiene un tiempo estimado de realización de 10 días.

Fase 6. Definir los puntos críticos donde ocurren los fallos: Una vez determinadas las etapas del proceso donde se generan los defectos, se realizará un diagnóstico de los lugares en el equipo donde se reinciden los defectos. Esta etapa tiene un tiempo estimado de duración de 7 días.

Fase 7. Establecer límites de defectos en lámina: En conjunto con el departamento de calidad se establecerán los límites que permitirán garantizar la fluidez del proceso sin incurrir en reprocesos por defectos en el proceso. Se tiene un tiempo estimado de 5 días.

Fase 8. Desarrollar un sistema de monitoreo de los puntos críticos: Se reforzarán los puntos y etapas críticas que se definieron anteriormente con puntos de control tanto operativo como de calidad, para optimizar y disminuir los defectos, garantizando que el proceso sea eficiente. Se tiene un tiempo estimado de 12 días.

Fase 9. Definir planes de acciones correctivas: en esta fase se deben de determinar los planes de acciones correctivas a tomar, se definirán las novedades, responsables y tiempos de finalización. Se tiene un tiempo estimado de realización de 15 días.

Fase 10. Documentación de mejoras correctivas: se detallarán las mejores correctivas tomadas para tener información del antes y después, se tomarán datos de la mejora de eficiencia, nuevos factores y medidas tomadas, trazabilidad

de los defectos, identificación de procesos mejorados. Se tiene un tiempo estimado de 15 días.

Fase 11. Medir los resultados de las pruebas de las acciones correctivas: se creará un sistema de indicadores para comparar los resultados de las acciones tomadas, analizar la información y tomar las conclusiones de las posibles mejoras a implementar definitivamente. Esta etapa tiene un tiempo estimado de duración de 18 días.

Fase 12. Implementar las mejoras al sistema de producción: una vez analizada la información de la fase anterior, se procederá a implementar las mejoras en el proceso y se actualizarán procedimientos y demás información documentada. Esta etapa tiene una duración estimada de 15 días.

Fase 13. Mejorar de procesos secundarios según priorización: una vez erradicado con los procesos principales, se analizará de la misma forma los subensambles generales, que son los que suplen de piezas a la línea de producción. Este proceso tiene un tiempo estimado de 12 días.

Fase 14: Control y monitorio de las acciones de mejora implementadas: se llevará un control y monitoreo riguroso donde todas las partes involucradas se vean comprometidas con las nuevas medidas implementadas y que se respeten a cabalidad. Se seguirá obteniendo información de los avances y posibles nuevas mejoras al sistema. Esta fase tiene un tiempo estimado de 21 días.

Fase 15. Desarrollo de un plan de capacitación de capacitación de la correcta manipulación de los equipos: una vez implementada las nuevas mejoras al proceso, se realizará una capacitación de inducción que se le impartirá al personal de nuevo ingreso para que sepan manipular de manera correcta los

equipos y herramientas necesarias para ensamblar un producto de calidad que satisfaga las necesidades del cliente.

El desarrollo de todas las fases tiene un tiempo estimado de desarrollo de 186 días.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Refrigeradores comerciales

Tal como indica Danfoss (2021), un refrigerador está hecho para guardar y almacenar productos frescos como frutas, verduras, líquidos; productos congelados o previamente enfriados. Normalmente, es un dispositivo autónomo de acero inoxidable u otro metal como aluminio, que se utiliza en cocinas profesionales, tiendas, panaderías y laboratorios. El funcionamiento de un refrigerador comercial consiste en tomar el calor que se encuentra interior y transferirlo al exterior, razón por el cual por parte del condensador se encuentra más caliente si se toca con la mano, cerca de las tuberías metálicas llamado condensador.

7.1.1. Compresor

Se dice que el compresor es el motor de un refrigerador, es el corazón que le da vida al proceso de intercambio de calor que permiten enfriar la parte interior de un refrigerador. Danfoss (2021) indica que la función principal del compresor es la de distribuir el refrigerante por toda la tubería de cobre y añadir presión en la fase calefactora del sistema para elevar la temperatura del refrigerante.

7.1.2. Condensador

El condensador es la fase del sistema en donde el refrigerante se enfría y se condensa volviéndose en líquido nuevamente. Generalmente el condensador se sitúa en la parte inferior o trasera del frigorífico.

7.1.3. Evaporador

La función principal del evaporador es enfriar el interior del frigorífico para mantener los productos almacenados en su interior a una temperatura baja. El evaporador se sitúa en la parte interna del refrigerador, y tan pronto como el refrigerante cambie de estado por medio de la evaporación, este va enfriando el área a su alrededor para producir la temperatura adecuada que permita preservar las bebidas y alimentos fríos.

7.1.4. Tubo capilar

El tubo capilar es una tubería muy fina que sirve como dispositivo de expansión. El líquido refrigerante pasa a través del tubo capilar y se comprime de tal manera que baja la presión en el evaporador.

7.1.5. Termostato

El termostato controla el proceso de refrigeración del refrigerador mediante la medición de la temperatura, así mismo, del encendido y apagado del compresor. Cuando el sensor del termostato detecta que hace suficiente frío dentro del refrigerador, apaga el compresor. En caso de que el termostato detecte demasiado calor en el interior del equipo, enciende el compresor y vuelve a iniciar el proceso de refrigeración nuevamente.

7.1.6. Refrigerante

El refrigerante es una sustancia líquida y gaseosa que circula dentro del sistema de enfriamiento de un refrigerador, y que es el encargado de cambiar su composición física para generar temperaturas bajas en el equipo, esto se logra

con el cambio de propiedades especiales entre puntos de evaporación y condensación dentro del sistema. A través de un cambio de temperatura y presión que absorben el calor en un punto y lo disipa en otro, por medio de un cambio de estados de líquido a gas y viceversa (Martin, 2020).

El refrigerante ideal posee características que permiten una capacidad de enfriamiento máxima con una cantidad de potencia mínima. La temperatura de descarga del refrigerante debe mantenerse al nivel más bajo posible para extender la vida útil y mantener un buen cuidado del compresor.

7.1.6.1. Características del refrigerante

Las características del refrigerante se describen a continuación:

- El calor latente de evaporación del refrigerante debe ser muy elevada para que con solo una pequeña parte de refrigerante se pueda absorber la máxima cantidad de temperatura posible.
- La densidad del refrigerante debe ser muy alta, para que solo sea necesario usar pequeñas líneas de líquido.
- El punto de congelación del refrigerante debe ser menor a cualquier otra temperatura existente en el sistema, de esta manera se evita que se congele dentro del evaporador.
- La presión debe elevarse en su fase de condensación, esto, para eliminar las fugas y a su vez reducir la temperatura del refrigerante.
- No son sustancias inflamables, corrosivas, ni tóxicas. Además, estos deben tener una conductividad eléctrica baja.

7.1.6.2. Tipos de refrigerantes

CFC: Clorofluorocarbono, (flúor, carbono, cloro) es estable debido a que no posee hidrógeno en su molécula química, este equilibrio hace que este demasiado tiempo circulando en la atmósfera, lo cual afectaba seriamente la capa de ozono siendo una de las principales causas del efecto invernadero en el mundo. Se vendía en las siguientes presentaciones R-11, R-12, R-115; pero su fabricación está prohibida por su efecto negativo desde 1995.

HCFC: (hidrógeno, carbono, flúor, cloro). Es muy similar al refrigerante anteriormente explicado, pero este contiene átomos de hidrógeno en su molécula. Posee características potenciales, pero reducidas que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono (R-22). Está prohibida su fabricación por sus efectos negativos desde el año 2015.

HFC: (hidrógeno, flúor, carbono). Es un fluorocarbono con átomos de hidrógeno que ya no contiene cloro, pero a diferencia de los anteriores, no tiene el potencial de destruir de ozono ya que, como se dijo anteriormente no contiene cloro. (R-134a, 141b) (Nieto, 2015).

7.1.7. Funcionamiento de un sistema de refrigeración

La manera del funcionamiento de un refrigerador consiste en hacer que el refrigerante que circula por el interior de su sistema pase de estado líquido a gaseoso. A lo mencionado anteriormente se le conoce como proceso evaporación, el cual enfría toda el área a su alrededor y produce el efecto de enfriar el interior del equipo a la temperatura deseada. Para comenzar con el proceso de evaporación, el líquido refrigerante se debe transformar en estado

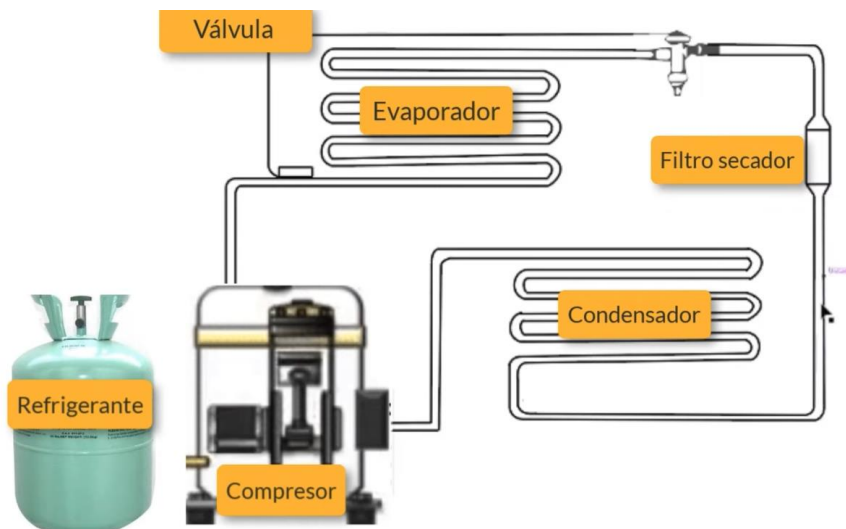
gaseoso, para esto, es necesario reducir la presión de este, por medio de un conducto conocido como tubo capilar.

Para que un refrigerador funcione correctamente, es indispensable que el refrigerante se transforme a su estado líquido inicial, esto se logra cuando el gas se vuelve a comprimir de nuevo a una temperatura y presión más elevadas que en su fase anterior. Y es aquí, donde entra en juego el compresor del refrigerador. Si el compresor ha hecho bien su trabajo, el refrigerante en estado gaseoso debería estar caliente y sometido a una alta presión.

Luego, es necesario enfriar el refrigerante en la etapa de condensación, generalmente en la parte trasera del refrigerador se encuentra el condensador, con objeto de aprovechar el aire del exterior para enfriar las tuberías. Cuando el gas se enfría dentro del condensador vuelve a pasar a estado líquido nuevamente (Danfoss, 2021).

Por último, el líquido refrigerante circula de vuelta al evaporador, donde el ciclo de refrigeración comienza de nuevo, una y otra vez.

Figura 2. **Ciclo de refrigeración**



Fuente: Martín. (2020). *Ciclo de refrigeración de una heladera.*

7.2. **Herramientas de diagnóstico de Lean**

Empleando las palabras de Solutions (2020), argumenta que Lean Manufacturing es un sistema y filosofía de optimización de procesos de manufactura y servicios que se basa en la eliminación de desperdicios y de actividades que no agregan valor al proceso productivo ni del producto. Permitiendo así, alcanzar resultados de productividad, competitividad y rentabilidad del negocio de forma inmediata.

Es necesario implementar lean en las empresas para aumentar la productividad, reducir el lead time, balancear las cargas de trabajo, estandarizar los procesos y operaciones y crear una cultura de continuo mejoramiento y aprendizaje en el personal de la organización.

7.2.1. Las 5S (5 eses)

Las 5S es una de las herramientas más importantes que nos ofrece Lean manufacturing. Es un método que es utilizado para mejorar las condiciones de cada puesto de trabajo que se encuentra en una organización, aplicando para ello el orden, la limpieza y la organización, no importando que sea operativo o administrativo. El principio de las 5S trata acerca de limpiar el área de trabajo del operador eliminando todo lo que no se necesita, de esta manera se logra que no se esté perdiendo tiempo valioso a la hora de encontrar las herramientas.

Las 5S indica que el lugar de trabajo está limpio y organizado dice que, hay un lugar para todo y todo tiene un lugar.

- Es el punto de partida para la aplicación de mejoras a un proceso
- Para garantizar que esos beneficios sean sostenibles, debe comenzar con una base firme
- Su fuerza depende de los empleados y la empresa y su compromiso a mantener estos esfuerzos

Tabla I. **Definiciones de las 5S**

Denominación	Concepto	Objetivo	Actividad a realizar
Clasificar - (Seiri)	Se refiere a separar lo innecesario de lo que utiliza en realidad para trabajar correctamente	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar lo innecesario para que posteriormente sea eliminado • Establecer las prioridades de lo que se clasificó como necesario • Tener la capacidad de mantener el orden y la limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar del proceso todo lo que no se necesite para que fluya correctamente • Generar mejores condiciones y espacios de trabajo • Ubicar el lugar adecuado para desechar los objetos que se han clasificado como innecesarios
Ordenar / Organizar – (Seiton)	Se refiere a tener los insumos/herramientas ordenadas para que cuando se necesiten estén disponibles para utilizarse sin rebuscar tanto.	<ul style="list-style-type: none"> • Que el área donde se está trabajando este en todo momento ordenada y limpia • Ordenar los objetos a modo que se encuentren accesibles, para tener un proceso eficiente • Al ubicar las cosas rápidamente se incrementa la productividad además de haber eliminado lo innecesario 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el orden de almacenamiento para que este se vuelva funcional con respecto al proceso. • Ordenar las cosas por ubicación, contraseñas para que se ubiquen con facilidad • Organizar y almacenar los objetos según su frecuencia de uso.

Continuación de la tabla I.

<p>Limpieza – (Seiso)</p>	<p>Se refiere a mantener la limpieza y eliminar la suciedad en el área de trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener limpia el área de acuerdo con la naturaleza del trabajo • Eliminar fuentes de suciedad que entorpezcan la productividad • Lograr ensuciar menos para limpiar menos 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar e inspeccionar que el equipo de trabajo e instalaciones se encuentren limpias • Incorporar la limpieza como una de las actividades del proceso.
<p>Estandarizar – (Seiketsu)</p>	<p>Se refiere a establecer especificaciones, normalizar o regular un bien o servicio, por medio de normas o procedimientos previamente establecidos y reglamentados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr que todos actúen de forma sincronizada y que todos los esfuerzos se centren en lograr un objetivo en común 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las actividades de manera que sean fáciles de entender y seguir para cualquier persona. • Establecer criterios que permitan distinguir fácilmente de lo usual de lo anormal.
<p>Mantener disciplina – (Shitsuke)</p>	<p>Se refiere a mantener una disciplina, se tiene que estar practicando constantemente hasta que se convierta en una cultura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una metodología de 5S en un proceso constantemente todos los días • Crear una cultura en el personal para que cumplan de manera adecuada los procedimientos establecidos de 5S 	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir y facilitar los medios para que cada operador pueda poner en práctica las 5S • Crear un sistema que permita controlar visualmente el cumplimiento • Premiar el cumplimiento de las 5S en la organización.

Fuente: elaboración propia.

Puntos clave de las 5S se describen a continuación:

- Las 5S deben ser parte del trabajo de todos
- Prestar mayor atención a la primera “S”
- Entrenar a un facilitador o instructor de las 5'S
- Tomar fotos del antes y después para llevar un registro de los cambios
- Los cambios rápidos y radicales logran un impacto positivo dentro de la empresa

7.2.2. Takt time

Takt time es el ritmo al que una compañía debe producir sus productos en función de la demanda del cliente. Es una herramienta simple, que permite ajustar y determinar el ritmo de trabajo o producción que debe tomar en cuenta una organización para cumplir con la programación de entrega.

Producir dentro del tiempo Takt significa que el tiempo de trabajo de producción y el de programación de la demanda de ventas, se encuentran sincronizados.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible\ d\ producción}{Cantidad\ total\ requerida}$$

Personas requeridas:

$$PR = \frac{Capacidad\ del\ proceso}{Takt\ Time}$$

7.2.3. Kanban

Se conoce Kanban como un sistema que permite encontrar el punto óptimo en el proceso de producción. Se basa en el reaprovisionamiento de materiales en el momento en el que se necesitan en el proceso productivo.

7.2.4. Poka-Yoke

Poka-Yoke, es una herramienta importante de Lean que permite detectar errores que se generan en la producción y prevenirlos a lo largo de su proceso. Su principal objetivo es alcanzar a finalizar el proceso con cero defectos. Ya que, detectar los defectos en la inspección de post producción, resulta mucho más caro corregirlos después (Ruiz, 2020).

7.3. Herramientas de diagnóstico 6 sigma

La filosofía de 6Sigma es una estrategia de negocios, la cual se basa en el un manejo eficiente de la información, metodologías y diseños industriales robustos, con un enfoque al cliente, que permite eliminar la variación en los procesos productivos para alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3.4 defectos por millón.

Otros beneficios que se obtienen de implementar esta metodología es la de reducir los tiempos de ciclo, reducir de los costos, conseguir la alta satisfacción de los clientes y más importante aún, eliminar los efectos negativos en el desempeño financiero de la organización.

La aplicación del 6Sigma comprende de los principios cuyos objetivos son eliminar los defectos y la variación en la producción, por medio de metodologías para la resolución de problemas.

Las herramientas de Six Sigma son usadas para identificar, escoger y diseñar nuevos productos y procesos, al igual que mejorar los ya existentes para disminuir costos de mala calidad, y mejorar el tiempo de respuesta a los clientes de una organización.

7.3.1. DMAIC

DMAIC es una herramienta que forma parte de la metodología 6Sigma que se enfoca principalmente en la resolución de problemas basado en datos históricos, que ayuda a realizar mejoras y optimizaciones incrementales en los procesos industriales, productos y diseños. Fue creado en los años 80's y fue diseñada para incentivar la mejora continua de los procesos y procedimientos durante la fabricación, empleando datos y estadísticas.

DMAIC se basa en 5 pasos que se van interrelacionando: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Además, es un proceso que se repite de forma sucesiva para estar continuamente mejorando y evolucionando. (Dropbox, 2021)

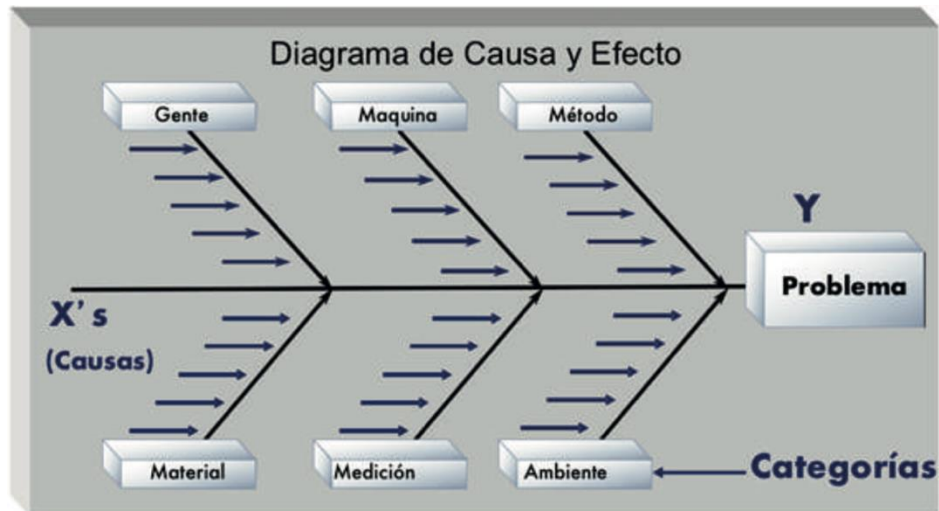
- Definir: como primer punto, se debe definir los parámetros y determinar cuál es el problema que desea resolver para encontrar una solución efectiva. Ya que sin este paso no podremos establecer las métricas que debemos seguir para comprobar la evolución del problema. Una vez definido el problema se podrá establecer los KPI necesarios que permitan tener un mejor conocimiento de la situación actual.

- Medir: una vez establecidas los parámetros y factores que nos ayuden a saber cuál es la situación del problema que deseamos resolver, debemos medir la información obtenida y establecer un sistema de control y seguimiento que nos permita más adelante analizar la situación.
- Analizar: con los datos que se han recogido se procederá a hacer un análisis de estos, para tratar de encontrar las razones por las que algo está fallando y qué acciones correctivas deben ejecutarse para poder corregir el problema y mejorar los KPI's que se han propuesto con anterioridad.
- Mejorar: este es el momento adecuado para poner en marcha y ejecutar los planes de acción, asignando a los responsables para cada caso según lo planeado, medido y analizado; para mejorar la situación actual.
- Controlar: luego de haber implementado las acciones correctivas, se debe llevar un control sobre las mismas para asegurarnos de que se ejecuten correctamente y que los objetivos que nos habíamos propuesto, efectivamente se cumplan (Cicero, 2020).

7.3.2. Diagramas de causa/efecto

El diagrama de Causa-Efecto, es una herramienta de calidad que también es conocida como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado. Este gráfico representa las relaciones interconectadas entre las causas y los efectos entre las diversas variables que intervienen en un proceso. Es una herramienta que nos ayuda a concretar ideas mediante el uso de categorías que estimulan la relación de causa y efecto con un problema. A continuación, se describen las categorías de un diagrama causa-efecto:

Figura 3. Diagrama de causa y efecto



Fuente: Solutions. (2020). *Lean six sigma yellow belt certification*.

- Medición: se utilizan datos de los resultados de procesos, o la medición de diferentes grupos categóricos.
- Mano de obra: se hacen preguntas para categorizar a grupos como posible causa raíz, se refiere al personal/organización
- Método: relaciona la forma en que el trabajo este hecho, la forma en que el proceso es llevado a cabo, agrupa categorías según su posibilidad de ser causa raíz.
- Materiales: la categoría de grupos de materiales relacionados con las causas profundas que afectan piezas, repuestos, suministros, formas o información necesaria para la ejecución de un proceso.
- Maquina: la categoría de causa raíz de maquina se relaciona a las herramientas y su utilización.
- Medio ambiente: esta categoría también conocida como madre naturaleza, relaciona la causa raíz con el entorno de trabajo, las condiciones del mercado y las cuestiones reglamentarias.

7.3.3. Diagramas de Pareto

Es un grafio de barras utilizado para organizar la información de tal manera que las prioridades para la mejora del proceso se puedan establecer, así mismo, se utiliza para agrupar a los contribuyentes que tienen un mayor impacto en lo que se está investigando. Un gráfico de Pareto es una herramienta para enfocar la atención en lo más importante al momento de tomar decisiones.

Es una herramienta gráfica que describe los datos en un diagrama de barras simple y fácil de entender y leer. El diagrama de Pareto ayuda a visualizar la frecuencia con la que suceden las ocurrencias de un evento dentro de un proceso, con esta información permite identificar las principales causas contribuyentes del problema. Estos diagramas comunican el principio de 80:20. Establece que el 80 % de un efecto proviene del 20 % de las causas.

7.3.4. Gráficos de control

Un gráfico de control es una herramienta que permite observar y analizar el comportamiento que tiene un proceso en el transcurso del tiempo, y con ello las variaciones que se pueden presentar por causas comunes o especiales. Un gráfico de control también es conocido como diagrama de serie temporal, y se utiliza para monitorear un proceso en un periodo de tiempo específico. Es un gráfico enfocado en la característica particular de un proceso determinado, a través de un periodo de tiempo con límites estadísticamente definidos. Cuando se usa esta herramienta para el monitoreo de un proceso, le permite al usuario a determinar el tipo de acción y decisión apropiado para corregir el proceso, dependiendo de la variación en el proceso (Rivera, 2020).

7.3.5. Tipos de gráficos de control

Los gráficos de control según el tipo de variable que analice se pueden clasificar en:

7.3.5.1. Gráficos de control por variables

Los gráficos (o diagramas) de control por variables, utilizan estadísticas que se obtienen partiendo de los datos específicos de calidad que se desean evaluar como por ejemplo la altura o diámetro de un objeto. Y tal como indica Gehisy (2017) en su investigación en estos casos es necesario describir la particularidad de calidad mediante una medida de tendencia central (media muestral) y una medida de su variabilidad (rango o la desviación estándar).

Los gráficos por variables se diferencian a los gráficos por atributos ya que son más “sensibles”, por lo que tienen la capacidad de alertar tempranamente sobre los posibles problemas de producción o de calidad, todo esto, antes de que los defectos sean ya relevantes luego en el proceso.

7.3.5.2. Gráficos por atributos

Los gráficos de control por atributos se basan en incidencias, como, por ejemplo, el número de artículos que no cumplen con las especificaciones establecidas. Estos gráficos de control por atributos monitorean si el proceso que se está revisando se clasifica como no conforme o conforme, o también si es aceptable o no aceptable, respecto a la característica específica que se deseaba inspeccionar.

Ejemplo: una tuerca se considera conforme si su diámetro interior mide entre 1.9 y 2.1 pulgadas, si la tuerca no cumpliera con esta especificación se clasificaría como no aceptable.

De acuerdo con Gehisy (2017) señala que los gráficos de control por atributos tienen la ventaja de que permiten resumir de forma concisa todos los datos que se desea inspeccionar con los aspectos de calidad establecidos, ya que permiten clasificar al producto como aceptable o no aceptable. Además, otra de las ventajas de estos gráficos por atributos, es que no necesitan de estudios de medición tan complejos ya que son accesiblemente comprendidos por personas sin tanta especialidad técnica.

7.3.5.3. Procedimiento para hacer un gráfico de control

El procedimiento para realizar un gráfico de control involucra los siguientes pasos:

- Se debe seleccionar la característica particular del objeto que se desea analizar en el gráfico de control.
- Luego se debe seleccionar el tipo apropiado de gráfico de control, según el análisis que se va a realizar.
- Definir las características del subgrupo a medir, sus dimensiones, y la frecuencia de muestreo del subgrupo.
- Recolectar y registrar los datos de 20 a 25 subgrupos, o utilizar datos registrados anteriormente.
- Calcular estadísticamente y analizar las características de cada muestra tomada del subgrupo.

- Calcular los límites de control mediante el cálculo de las estadísticas de las muestras de los subgrupos.
- Construir un gráfico utilizando los datos de las estadísticas del resultado del subgrupo.
- Se debe examinar el gráfico minuciosamente por si se registraron casos fuera de los límites establecidos de control y luego analizar los patrones que indiquen alguna “causa asignable”.
- Tomar la decisión de las acciones a tomar en el futuro.
- Interpretar un gráfico o diagrama de control (Raycus Fiber Laser, 2019).

7.3.6. Diagramas de flujo

El diagrama de flujo o flujograma, y es una herramienta de calidad utilizada para representar de forma gráfica y detallada la secuencia lógica de las actividades y procedimientos de un proceso generalmente productivo. Comienza mostrando el inicio del proceso, las actividades, los puntos de decisión y el final de este. Esta herramienta proporciona una visualización del funcionamiento del proceso. Este diagrama, a su vez, indica el flujo de los materiales, de las derivaciones de las actividades, de la información y número de pasos del proceso (Business, 2019).

7.3.7. Listas de verificación

La lista de verificación se utiliza para resumir y representar gráficamente un recuento de sucesos ocurridos en un proceso. Generalmente una lista de verificación se utiliza cuando se desea contar el número de ocurrencias de un evento, como defectos o no conformidades.

La facilidad de una lista de verificación es que ayudará a resumir los datos contables relacionados con los defectos establecidos y proporcionará una representación gráfica aproximada de dónde, en una parte o proceso, ocurrieron los defectos (Rivera, 2020).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN ME MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Análisis del proceso productivo

3.1.1. Diagnóstico de la línea de producción de refrigeradores comerciales

3.1.1.1. Descripción del proceso

3.1.1.1.1. Corte de lámina

3.1.1.1.2. Troquelado

3.1.1.1.3. Doblez

3.1.1.1.4. Supermercado de metales

3.1.1.1.5. Subensambles

3.1.1.1.6. Ensamble 1

- 3.1.1.1.7. Espumado
- 3.1.1.1.8. Ensamble 2
- 3.1.1.1.9. Ensamble 3
- 3.1.1.1.10. Pruebas
- 3.1.1.1.11. Acabado final
- 3.1.1.1.12. Cabina de retoques y pintura
- 3.1.1.1.13. Empaque
- 3.1.1.1.14. Almacenamiento
- 3.1.1.1.15. Diagrama de recorrido del proceso
- 3.1.1.1.16. Diagrama de flujo de operaciones del proceso

3.2. Análisis del equipo de refrigeración

- 3.2.1. Descripción del equipo
- 3.2.2. Uso previsto del equipo
- 3.2.3. Tolerancias y especificaciones
 - 3.2.3.1. Tiempos de enfriamiento
 - 3.2.3.2. Tiempos de deshielo
- 3.2.4. Requerimientos de materias primas
 - 3.2.4.1. Acero inoxidable
 - 3.2.4.2. Acero galvanizado
 - 3.2.4.3. Acero pre pintado
 - 3.2.4.4. Aluminio
- 3.2.5. Requerimientos de empaque de productos

3.3. Diagnóstico de la generación de defectos de producción

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Reducción de defectos por principios de Lean
 - 4.1.1. Sobreproducción en subensambles
 - 4.1.2. Justo a tiempo en la entrega de materiales

- 4.1.3. Eliminación de movimientos innecesarios
- 4.1.4. Esperas
- 4.2. Perfil del producto terminado
- 4.3. Diagrama de flujo del proceso
- 4.4. Desarrollo de metodología DMAIC orientado a la reducción de defectos
 - 4.4.1. Definir problema actual
 - 4.4.2. Medir y determinar KPI
 - 4.4.3. Análisis de la información obtenida
 - 4.4.4. Implementar y mejorar la situación actual
 - 4.4.5. Controlar y monitorear los cambios
- 4.5. Diagnóstico de verificación
 - 4.5.1. Sistema de monitoreo
 - 4.5.2. Sistema de verificación
 - 4.5.3. Acciones correctivas
 - 4.5.4. Sistema de control
- 4.6. Programa de capacitaciones

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

A continuación, se indica la ruta en la que el proyecto de graduación tomara desde su fase de investigación hasta las distintas fases de desarrollo.

9.1. Características del estudio

El estudio tendrá las siguientes características:

9.1.1. Enfoque

El enfoque del presente trabajo de graduación es mixto, ya que se trabajarán dos tipos de variables cualitativas y cuantitativas. Para el desarrollo de la investigación se tomará como parte cualitativa, el método de observación de los procesos y procedimientos empleados para la fabricación de equipos de refrigeración, así como el uso de recursos humanos y materiales que permitirán analizar el método de fabricación. Por el otro lado, tenemos las variables cuantitativas, se verán en los defectos de calidad que se van generando durante el proceso productivo, permitirá la recolección de información para su posterior análisis, donde se podrán obtener los puntos clave para la resolución de la problemática.

9.1.2. Diseño

El diseño adoptado en esta investigación es de tipo no experimental, ya que el investigador no tendrá control de las variables independientes, ya que la información será obtenida únicamente a través de la observación de la situación

ya existente del proceso de fabricación de refrigeradores comerciales y la información será utilizada como base para el análisis y propuesta del rediseño de una línea de producción para reducir los defectos que ahí se generan. Esto permitirá buscar una solución óptima y objetiva para reducir costos y aumentar la rentabilidad de la organización.

9.1.3. Alcance

El alcance de esta investigación será de carácter descriptivo, ya que tiene como objetivo recolectar la información sobre el proceso de la fabricación de equipos de refrigeración comercial, se evaluará los puntos críticos y se encontrará de raíz la problemática del problema que servirá para reducir los costos por reprocesos, los costos de mano de obra y permitirá una respuesta al cliente más rápida y efectiva, con esto se garantizará un producto confiable y de calidad.

9.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el proceso de la fabricación de refrigeradores comerciales, de la cual se obtendrán las etapas por las cuales los equipos deben pasar para ser ensamblados en donde por malas manipulaciones pueden producirse defectos de calidad que conlleven a procesos adicionales.

9.3. Variables e indicadores

A continuación, se describen las variables en estudio:

Tabla II. **Unidad de análisis**

Nombre de la variable	Definición teórica	Definición operativa	Indicador
Establecimiento de los procesos, etapas y ensambles de una línea de producción	Proceso de producción: Conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios	Establecimiento de los procedimientos de las etapas del proceso productivo a través de los ensambles y subensambles actuales de la fabricación de refrigeradores comerciales.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficacia de producción de lo programado versus lo producido
Identificación de los puntos críticos y áreas donde se generan los defectos de producción más comunes	Defecto de producción: Errores mecánicos o humanos ligados a la producción en serie	Identificación de las áreas y de los procesos donde se encuentran los puntos críticos donde se generan los defectos de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Defectos de lámina provenientes del proveedor • Defectos generados en la producción • Defectos generados en el traslado de materiales
Determinación de los defectos de producción de significativos	Defecto de producción significativo: Anomalía o deficiencia de alta importancia que deberá ser solventada en un reproceso.	Identificación de los defectos que representan un proceso adicional, como reproceso, reparación, pintura; que requiera la decisión del personal de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos que pasan a pintura • Equipos que necesitan reproceso
Establecimiento de puntos de control del proceso donde se generan alta cantidad de defectos de calidad	Puntos críticos de control: Parte del proceso en donde se le asigna un control riguroso para garantizar la reducción de defectos.	Determinación de las áreas y puntos críticos de las etapas de producción que requieren de un control para garantizar productos confiables y de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de equipos que sobrepasan los límites aceptables

Continuación de la tabla II.

Desarrollo de un plan de monitoreo y control de los puntos críticos del proceso productivo	Plan de monitoreo y control: Herramienta de seguimiento periódico y verificación de la correcta operación según el procedimiento.	Elaboración de un plan de monitoreo y control de las etapas con mayor reincidencia de defectos de producción.	• Reincidencia en la provocación de defectos después de aplicar acciones correctivas.
--	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

Se describe a continuación las fases en las cuales se divide el desarrollo de la investigación:

9.4.1. Fase 1. Reconocimiento y revisión documental del proceso

Durante esta etapa se revisará y se analizará la información documentada se observarán los procedimientos que se utilizará posteriormente para estructurar y ejecutar este proyecto. Se consultará todo lo relacionado con el proceso y subprocesos con el fin de aclarar las dudas que vayan surgiendo durante la investigación.

9.4.2. Fase 2. Análisis del proceso actual de la fabricación de refrigeradores

Al realizar esta etapa se recopilará la información necesaria acerca del proceso y diferentes etapas del proceso de producción, por medio de cinco visitas a la planta de producción. De las cuales se tendrá un recorrido general guiado

por el supervisor de la línea, del cual se obtendrán datos del funcionamiento general y elaboración de los equipos de refrigeración. Se consultará tanto como con el supervisor de línea, con el personal operativo, con el jefe de planta y si fuera posible, con el gerente de producción, se realizarán entrevistas formales e informales para obtener información detallada del proceso que servirán para la identificación de los puntos críticos del proceso productivo.

9.4.3. Fase 3. Análisis de los equipos fabricados

Se conocerá los métodos, pruebas de funcionamiento, reportes de calidad y especificaciones del equipo, las consultas serán resueltas con documentación técnica con la que se maneja la empresa, y el personal a cargo de dar el visto bueno de producto conforme. Se llevará un análisis exhaustivo desde los requerimientos establecido de materia prima, transporte y almacenamiento previo a su producción y observación de su ensamble durante sus diferentes etapas y estaciones de producción. Así como la manipulación, capacitación y desarrollo del recurso humano dentro de la empresa.

9.4.4. Fase 4. Recopilación y diagnóstico de defectos generados en línea

Una vez se conozca el funcionamiento de la línea de producción se deben evaluar los puntos críticos donde se ha detectado que posiblemente se generan los defectos generados en la línea. Para este diagnóstico se deben tomar en cuenta los datos recopilados en fases anteriores para corroborar de que se esté ejecutando conforme a lo establecido. Para esta evaluación se comenzará a definir las acciones a tomar para comenzar a mitigar las malas prácticas que se comenten actualmente.

9.4.5. Fase 5. Diagnosticar los defectos más comunes

De la fase anterior se realizará un Pareto de la información de los datos recopilados, así como de la etapa de su prominencia para ir erradicando actividades que contribuyen a la generación de dichos defectos. Este proceso tendrá un inicio desde el análisis de la materia prima hasta el empaque del producto en su etapa final.

9.4.6. Fase 6. Definir los puntos críticos donde ocurren los fallos

En esta fase se van a determinar los puntos donde se han generado la mayor parte de defectos significativos durante el proceso productivo, los cuales deben tomarse las acciones necesarias, se va a medir y llevar un indicador acerca de los equipos que pasan a pintura por golpes y generación de actividades adicionales para reparar el fallo. Los mismos deberán ser discutidos con las personas involucradas para disminuir el impacto en los costos de producción.

9.4.7. Fase 7. Establecer límites aceptables de defectos en lámina

En conjunto con el departamento de calidad y de producción, se buscará establecer los límites aceptables que un golpe, abolladura, rayón, entre otros, es permisible dentro de los controles a establecer. Los mismos serán validados por ambos departamentos y se compararan los indicadores para determinar si las acciones tomadas están teniendo efecto.

9.4.8. Fase 8. Desarrollar un sistema de monitoreo de los puntos críticos

En esta fase se determinará un sistema de control y monitoreo exhaustivo, se reforzarán los chequeos de calidad en estos puntos que permitirán y garantizarán que los equipos se estén produciendo de manera eficiente a lo largo de la línea de producción. Esto asegurará la disminución de reprocesos y costes de materiales y mano de obra extra. Siempre se aceptarán comentarios que conlleven a la mejora continua del sistema.

9.4.9. Fase 9. Definir planes de acciones

Se definirán responsables, y las acciones que se deberán ejecutar para cumplir con la resolución de esta investigación, se establecerán estándares y reforzaran los sistemas de control para cerciorarse que los involucrados cumplan efectivamente con sus planes de acción considerando los puntos críticos y defectos significativos que se diagnosticaron en etapas anteriores, con el fin de reducir trabajos adicionales y disminuir costos.

9.4.10. Fase 10. Documentación de mejoras correctivas

Luego de que las acciones correctivas sean implementadas y desarrolladas con éxito se creará la documentación que enfatice y registre cada etapa y cada acción que se tomó en cada punto crítico de control para poder brindarnos un dato congruente del éxito de la investigación. La documentación se llevará de forma digital.

9.4.11. Fase 11. Medir los resultados de las acciones correctivas

Con la documentación de fases iniciales y los datos de fases intervenidas se tendrá la información óptima para determinar la eficacia del proyecto y concluir si la investigación tuvo un éxito o un fracaso. Las acciones correctivas que no tuvieron efectos positivos se replantearán para poder lograr el objetivo general de reducir los defectos que se van generando en una línea de producción, de esta manera sucesivamente con cada resultado.

9.4.12. Fase 12. Implementar mejoras al sistema de producción

Una vez con la información de las acciones tomadas, se van a implementar las mejoras en las cuales se obtuvieron resultados satisfactorios que cumplan con los objetivos de esta investigación.

9.4.13. Fase 13. Mejora de procesos secundarios según priorización

Una vez se haya identificado y dado solución a las etapas y procesos que debían ser solucionados, se procederá a darle solución a los procesos secundarios según su clasificación.

9.4.14. Fase 14. Control y monitorio de las acciones de mejora implementadas

Durante esta etapa se llevará el control y monitoreo constante para cerciorarse de que se siguen realizando las acciones que se tomaron para reducir los defectos de producción, se seguirá tomando y recopilando información para

crear un histórico que servirá para crear nuevos indicadores de producción anuales.

9.4.15. Fase 15. Desarrollo de un plan de capacitación de la correcta manipulación de los equipos

Para asegurarnos de que las acciones tomadas no se vayan a ir perdiendo con el tiempo, se elaborara un plan maestro de capacitación para el personal operativo que está involucrado en el proceso de producción, esto para garantizar que las buenas prácticas no se pierdan, y se siga garantizando el cuidado y calidad el producto.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para la realización de este trabajo de investigación se debe comenzar por saber cómo es el proceso de elaboración de un equipo de refrigeración comercial, esto se llevará a cabo por medio de visitas para conocer a detalle las etapas, procedimientos, que serán representadas por medio de las herramientas de diagrama de flujo tomando en cuenta los tiempos por estación y un modelo base de trabajo.

Por medio del análisis de la información de los diagramas de flujo y de la observación minuciosa del proceso, se detectarán de los puntos críticos en donde se están generando los defectos de producción, se investigarán las causas de estos, se documentará la información, de los defectos de calidad que no fueron detectados, de los defectos generados en producción, y de la cantidad de materia prima que sufre golpes durante sus traslados. Estos datos se presentarán en un cuadro comparativo.

Al identificar la etapa en donde se ocurren recurrentemente la mayoría de los defectos de producción, se recopilará toda la información para crear los indicadores de errores, luego se tomarán las decisiones y acciones a tomar para que no se repita el mismo defecto encontrando el motivo de su generación desde su causa raíz, utilizando herramientas como árbol de problemas o cinco porqués.

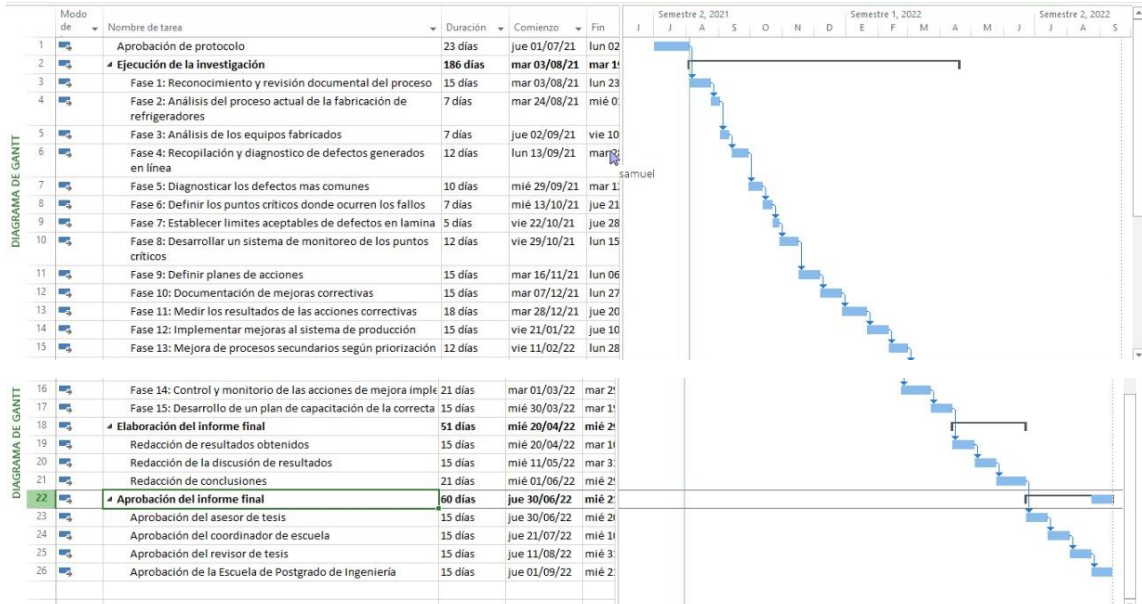
Al identificar las áreas de los procesos donde ocurren los defectos significativos se necesita modificar la tarea, ya sea añadiendo o reduciendo actividades clave para la mitigación de estos. Esto deberá ser responsabilidad de los encargados de área y del supervisor capacitar al personal para sancionar al

personal operativo que manipule de manera incorrecta los equipos a lo largo de la cadena de producción. Esta tarea se llevará por medio de un *check list* para ir verificando cuantos equipos no cumplen con los lineamientos permisibles acordados por calidad.

Por último, se realizará un plan de seguimiento y control para establecer los lineamientos y el cumplimiento de responsabilidad de la línea de producción para establecer nuevos indicadores y de esta manera mejorar los resultados con respecto a años anteriores y así sucesivamente, hasta lograr mitigar en su máxima cantidad los defectos de producción. Para realizar está tarea se crearán formatos de procedimientos nuevos implementados, difusión de las nuevas prácticas y llenado de listado de asistencia del personal operativo para que estén al tanto de las nuevas medidas implementadas.

11. CRONOGRAMA

Figura 4. Cronograma de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.1. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto estimado para la propuesta del rediseño de una línea de producción para reducir los costos de mala calidad por reprocesos y por mala manipulación en una empresa dedicada a la fabricación de refrigeradores comerciales.

Tabla III. **Presupuesto**

Descripción	Subtotal		Total	
Recursos Humanos				
Honorarios del asesor	Q	-		
Honorarios del estudiante	Q	-		
Honorarios del revisor de escuela	Q	-	Q	-
Insumos				
Hojas de papel Bond	Q	70,00		
Bolígrafo	Q	15,00		
Fólder y ganchos	Q	25,00		
Impresiones	Q	300,00		
Gasolina	Q	350,00		
Computadora	Q	7 500,00	Q	8 260,00
Servicios				
Servicio de internet	Q	1 800,00		
Servicio de teléfono celular	Q	600,00	Q	2 400,00
Provisiones				
	Q	400,00	Q	400,00
			Q	11 060,00

Fuente: elaboración propia.

El presupuesto será cubierto por el investigador en un 100 %, tomando en cuenta recursos humanos, económicos y de otras índoles, siendo esta una suma total de Q 11 060,00.

REFERENCIAS

1. Aguirre, A. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las pymes*. Colombia, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
2. Business, E. G. (febrero 2019). *El uso del diagrama de flujo para la gestión de calidad*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/11/el-uso-del-diagrama-de-flujo-para-la-gestion-de-calidad/>.
3. Cicero. (junio 2020). *¿En qué consiste la metodología DMAIC?*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.dropbox.com/es/business/resources/dmaic>.
4. Danfoss. (enero 2021). *Compresores y refrigeración*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.danfoss.com/en/products/dcs/compressors/compressors-for-refrigeration/#tab-overview>.
5. Danfoss. (enero 2021). *Cómo funciona un refrigerador (formación básica)*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/our-businesses/cooling/the-fridge-how-it-works/>

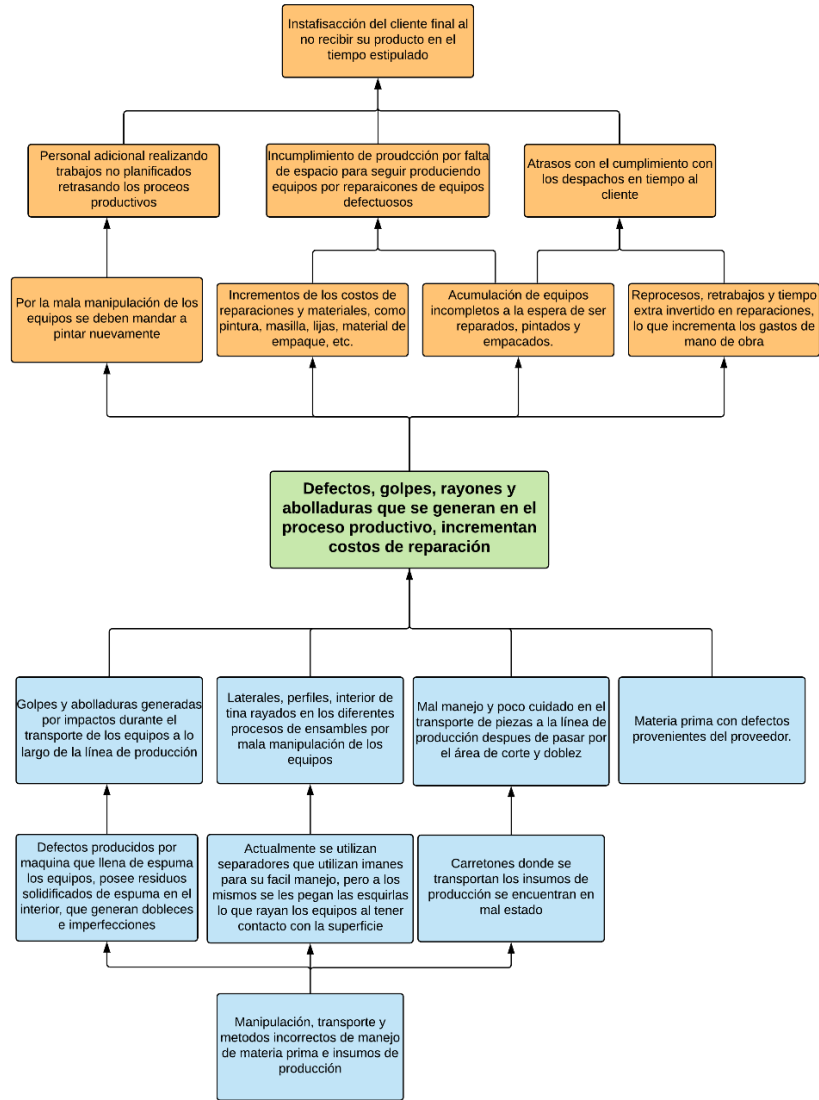
6. Dropbox. (abril 2021). *¿Qué es DMAIC?*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.dropbox.com/es/business/resources/dmaic>.
7. Gehisy. (septiembre 2017). *Calidad y ADR*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://aprendiendocalidadyadr.com/grafico-o-diagrama-de-control/>.
8. Hernández, J. (marzo 2018). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.eoi.es/savia>.
9. Martin. (septiembre 2020). *Cómo es el ciclo de refrigeración de heladera*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://esmuychido.com/como-es-el-ciclo-de-refrigeracion-de-heladera/>.
10. Molinero, R. P. (febrero 2021). *Defectos de fabricación*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://vlex.es/vid/defectos-fabricacion-430726698>.
11. Nieto, A. (mayo 2015). *Los Refrigerantes y sus Propiedades*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.mundohvacr.com.mx/2007/02/los-refrigerantes-y-sus-propiedades/>.
12. Palomino. (2012). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Perú, Lima: Pontificie Universidad Católica del Perú.

13. Paredes, N. A. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. Perú, Lima: Editorial Universitaria.
14. Raycus Fiber Laser. (abril 2019). *Máquinas láser*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.unistarcncrouter.com/laser-cutting-machine/fiber-laser-cutting-machines/1000w-raycus-fiber-laser.html>.
15. Rivera, G. (noviembre 2020). *Sigma a través de las 7 herramientas de calidad*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://spcgroup.com.mx/six-sigma-a-traves-de-las-7-herramientas-de-calidad/>.
16. Ruiz, A. (noviembre 2020). *Las herramientas más importantes en Lean Manufacturing*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://ticnegocios.camara-valencia.com/servicios/tendencias/las-herramientas-mas-importantes-en-lean-manufacturing/>.
17. Solutions, I. (2020). *Yellow Belt Certification*. Panamá, Ciudad de Panamá: Editorial Nacional.

APÉNDICES

A continuación, se presenta la herramienta utilizada para detectar el problema que dio origen al proyecto de investigación:

Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Indicadores	Metodología
¿Cómo reducir los defectos (rayones, abolladuras, golpes) que se generan durante el proceso productivo de una línea de producción que se dedica a la fabricación de equipos de refrigeración comercial?	Optimizar una línea de producción para disminuir los defectos que se generan durante la producción, que incrementan los costos de reparación, mano de obra, almacenamiento y logística.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento del flujo del proceso • Kaizen • Análisis de tormenta de ideas • Balanceo de línea y de actividades 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios de tiempo, de procesos, materiales, reprocesos. • Resultados de análisis de herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las mejoras que se pueden implementar en una línea de producción que tiene un alto índice de defectos durante su proceso productivo. • Determinar la mejor situación para disminuir la cantidad de defectos que se producen en una línea de producción.
¿Cuáles son las herramientas necesarias para encontrar la causa raíz de los problemas?	Determinar las herramientas de calidad o metodologías necesarias para encontrar la causa de los problemas desde su causa raíz.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de causa raíz de la proveniencia de los defectos generados en producción • Metodologías y herramientas de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad y eficiencia de producción • 5S • Herramientas de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de diferentes herramientas de calidad destinadas a encontrar la causa raíz de los defectos durante su proceso. • Determinar puntos críticos de generación de defectos de producción

Continuación del apéndice 2.

<p>¿Cuáles son las etapas del proceso en donde se producen los defectos generados durante la producción?</p>	<p>Identificar en la línea de producción, cuales son las áreas o procesos; en donde se generan más los defectos de producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución del mapa de actividades y procesos de producción. • Plan de recolección de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de recogida de datos • Objetivos y metas a alcanzar • Indicadores de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar la documentación respectiva de recogida de datos para determinar, según el mapa de procesos, la cantidad de defectos que se generan durante la producción • Establecer los indicadores a comparar para el éxito de la investigación
<p>¿Cómo se llevará a cabo el control de defectos generados en producción? ¿Que estrategia se va a utilizar para disminuir los costos de reparación?</p>	<p>Establecer la dinámica de como se identificarán los fallos recurrentes, como se van a contabilizar, mejorar y controlar los procesos para minimizar los defectos de producción, los costos de reparación, mano de obra, almacenamiento y logística.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de control • Herramientas de estadística básicas • Plan de implementación • Plan de control de procesos • Análisis de costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Partes por millón de defectos • Índice de frecuencia de defectos • Eficiencia, eficacia y productividad • Reducción de costos • Entregas a tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar un plan de monitoreo constante de los puntos críticos de control, estableciendo acciones correctivas, verificaciones y comparación de indicadores de producción.

Fuente: elaboración propia.