

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN
UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE BOBINAS PARA
SECADORAS**

TESIS

QUE PRESENTA:

MANUEL ARTURO CONTRERAS SOTO

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

CD. JUÁREZ, CHIH.

MAYO, 2023.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis Dra. Luz Elena Terrazas Mata, por todo su apoyo incondicional durante mi estancia en la maestría.

A mis maestros de Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis, Dr. Alfonso Aldape Alamillo (EPD), Mtra. Luz Elena Tarango Hernández, Dr. Francisco Zorrilla Briones y Dr. José Luis Anaya, por sus enseñanzas y brindarme sus conocimientos.

A mis compañeros de clases por su apoyo y ánimos para alcanzar una meta más en mi vida.

DEDICATORIA

Les dedico la presente a mis tres ángeles que siempre están conmigo y me cuidan, a mi mamá Elva Soto (Elviux), a mi abuelita Magdalena (Güingüe) y mi sobrina Vianey (Yeyey), las amos y las llevo siempre en mi corazón.

RESUMEN

En el capítulo 1 se presenta una introducción que describe de manera general la aplicación de la metodología DMAIC para resolver los problemas de calidad en la industria. En el capítulo 2 se presentan los antecedentes de la problemática que se debe resolver, las preguntas de investigación, los objetivos e hipótesis que se plantearon para realizar este trabajo, además de la justificación y las delimitaciones. En el capítulo 3 se presenta el marco teórico con lo cual se sustenta la investigación, donde se presentan conceptos y teorías sobre calidad, productividad, manufactura esbelta, procesos de manufactura y metodología seis sigma, seguido del marco referencial con lo cual se hace referencia a trabajos en los cuales se ha alcanzado el éxito utilizando la misma metodología que en la presente tesis. En el capítulo 4 se describe detalladamente cada uno de las etapas de la investigación. En el capítulo 5 se analizan los resultados obtenidos en cada una de las etapas que son: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Finalmente en el capítulo 6 se concluye y se verifican los objetivos e hipótesis planteadas en el capítulo 2, además de presentar algunas recomendaciones.

CONTENIDO

	AGRADECIMIENTOS.	V
	DEDICATORIA	VI
	RESUMEN	VII
	CONTENIDO	VIII
	LISTA DE TABLAS	IX
	LISTA DE FIGURAS	X
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1	Antecedentes	3
2.2	Definición del Problema	6
2.3	Preguntas de Investigación	7
2.4	Hipótesis	7
2.5	Objetivo	8
2.5.1	Objetivos Específicos	8
2.6	Justificación	8
2.7	Delimitaciones	8
3.	MARCO TEORICO	9
3.1	Conceptos Básicos de Calidad y Productividad	9
3.2	Manufactura Esbelta	12
3.2.1	Herramientas de Manufactura Esbelta	14
3.3.	Procesos de Manufactura	15
3.3.1	Variación en los Procesos	16
3.4	Metodología Seis Sigma	16
3.4.1	Mejora del Proceso	17
3.4.2	Metodología DMAIC	20
3.5	Marco Referencial	22
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1	Materiales	25
4.2	Métodos	25
4.2.1	Recolectar los Datos Históricos	26
4.2.2	Identificar los Defectos de Mayor Ocurrencia	27
4.2.3	Calcular los Costos que Generan los Defectos	27
4.2.4	Lluvia de Ideas para Encontrar la Causa Raíz	28
4.2.5	Análisis del Diagrama de Causa-Efecto	28
4.2.6	Tomar el Muestreo	30
4.2.7	Realizar Mejoras en los Módulos de Trabajo	31
4.2.8	Control de las Mejoras	34
4.2.9	Realizar Conclusiones y Recomendaciones	34
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
5.1	Definir	35

5.2	Medir	35
5.3	Analizar	35
5.4	Mejorar	35
5.5	Controlar	36
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	37
6.1	Conclusiones	37
6.2	Análisis de las Hipótesis de Investigación	37
6.3	Verificación del Objetivo de Investigación	38
6.4	Recomendaciones	39
	BIBLIOGRAFÍA	41
	ANEXOS	45
	Anexo A. Tabla I	45
	Anexo B. Tabla II	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Tipos de Bobinas	5
Figura 2.2	Bobina Modelo 0091416100	6
Figura 2.3	Registro de Costos Generados por <i>scrap</i> .	6
Figura 2.4	Gráfica de Defectos.	7
Figura 3.1	Reacción en Cadena que se dá al Mejorar la Calidad	11
Figura 3.2	Letra Griega Sigma	17
Figura 4.1	Metodología de la Investigación	26
Figura 4.2	Diagrama de Causa-Efecto	30
Figura 4.3	Análisis de la Capacidad del Proceso (Antes)	31
Figura 4.4	Análisis de la Capacidad del Proceso (Después)	33
Figura 4.5	Historial de Defectos del Modelo 0091416100	33
Figura 4.6	Lista de Verificación de Inicio de Turno y/o Cambio de Modelo	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Estaciones de Trabajo del Área Bobinas 25M	3
Tabla 3.1	Herramientas de la Manufactura Esbelta	14
Tabla 3.2	Índices de Cp	19
Tabla 3.3	Índices de Cpk	20
Tabla 3.4	Fases de la Metodología DMAIC	20
Tabla 4.1	Descripción de la Etapas de Investigación	25
Tabla 4.2	Defectos y Frecuencia de Ocurrencia	27
Tabla 4.3	Módulos de Trabajo de la Máquina Aumann 20	28
Tabla 4.4	Criterios de Evaluación para Encontrar la Causa-Raíz	29
Tabla 4.5	Cambios en el Área de Bobinas 25M	32

1. INTRODUCCIÓN

La calidad es crucial para alcanzar la competitividad en el mercado además de lograr la satisfacción del cliente, por lo que al crear un producto o brindar un servicio de mala calidad trae consigo pérdidas económicas significativas para las empresas.

Los requerimientos de los clientes hacia las empresas cada vez son más altos respecto a la calidad y confiabilidad. Por lo que se vuelve una problemática para las empresas ya que deben buscar posicionarse como una empresa de clase mundial para ser competitiva en el mercado internacional.

Por lo que si no se atienden los problemas, las empresas tendrán pérdidas económicas respecto a productos mal elaborados, cancelaciones de contratos y falta de nuevos clientes, ya que al considerar todos estos factores puede desencadenar en la bancarrota.

El departamento de calidad de cualquier empresa cuenta con herramientas y metodologías que ayudan a identificar y dar solución a estos problemas. Una de estas metodologías es la DMAIC por sus siglas en inglés de: (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la cual ha sido utilizada desde la década de los 80, misma que ha caracterizado como una de las metodologías que brinda mejores resultados. Al aplicar esta metodología se ha comprobado que se obtienen resultados favorables como lo son la reducción de los defectos en los procesos, para llevar la calidad de los productos a un nivel cercano a la perfección.

En los capítulos 1 y 2 se establecen las bases y se expone el estado en que se encontró la empresa antes del proyecto de investigación. En el capítulo 3 se presentan el marco teórico y referencial en el que se sustenta la tesis, presentando trabajos donde se ha utilizado la metodología DMAIC y así mismo

obteniendo resultados favorables. Además en el capítulo 4 se enlistan los materiales y se describe la metodología utilizada en esta investigación. Posteriormente en el capítulo 5 se analizan los resultados obtenidos después de aplicar la metodología y así mismo en el capítulo final se realizan conclusiones respecto a los objetivos e hipótesis de investigación además de recomendaciones en trabajos posteriores.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se detallan con más precisión los factores importantes por los cuales se lleva a cabo esta investigación.

2.1 Antecedentes

La empresa donde se realizó esta investigación se dedica al ensamble de bobinas, termostatos, solenoides, válvulas de gas y algunos accesorios, dicha planta cuenta con cinco unidades, actualmente laboran 1000 empleados aproximadamente, distribuidos en tres turnos. Algunos de sus principales clientes son la industria de línea blanca, motora y automotriz. El área de bobinas 25M de la unidad 4 está conformada por las estaciones de trabajo que se muestran en la tabla 2.1, donde se describen las estaciones que componen el área de Bobinas 25M, así como la capacidad por hora y diaria.

Tabla 2.1 Estaciones de Trabajo del Área Bobinas 25M.

Máquina	Función	Capacidad (piezas)	
		Hora	Día
Hendricks®	Inserta terminales al carrete.	611	13258
EMP®	Hace las bobinas y suelda las terminales.	251	9826
SIPRO 1®	Hace las bobinas.	201	9826
SIPRO®	Suelda las terminales.	201	9826
Molder 8	Encapsula las bobinas.	413	8967
Breaker 62	Mide la resistencia eléctrica de las bobinas.	693	15035
Aumann 20®	Inserta terminales al carrete, hace las bobinas y suelda las terminales.	501	10980
Molder 6	Encapsula las bobinas.	536	12672
Breaker 61	Mide la resistencia eléctrica de las bobinas.	452	10672

El proceso de las bobinas 25M se lleva a cabo en varias etapas, la primera es insertar las terminales al carrete, la segunda es enrollar el alambre de cobre al carrete (embobinar), luego se sueldan las terminales al alambre, al terminar este proceso las bobinas se transportan al área de moldeo donde estas se encapsulan, después se les hace una prueba eléctrica y al final se empacan en contenedores que son llevados al embarque.

La bobina o inductor es un elemento muy interesante. A diferencia del condensador o capacitor, la bobina por su forma, espiras de alambre enrollados, almacena energía en forma de campo magnético. Todo cable por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la corriente, siendo el sentido de flujo del campo magnético, el que establece la ley de la mano derecha. Al estar la bobina hecha de espiras de cable, el campo magnético circula por el centro de la bobina y cierra su camino por su parte exterior. Una característica interesante de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas. Esto significa que al momento de modificar la corriente que circula por la bobina, ser conectada y desconectada a una fuente de corriente, ésta tratará de mantener el estado que tiene. El valor de una bobina viene dado en Henrios, H, pudiendo encontrarse bobinas que se miden en miliHenrios, mH. El valor que tiene una bobina depende de los siguientes factores:

- a) Número de espiras que la forman: A más vueltas mayor inductancia ó mayor valor en Henrios.
- b) Diámetro de las espiras: A mayor diámetro, mayor inductancia ó mayor valor en Henrios.
- c) La longitud del cable de que está hecha la bobina.
- d) Naturaleza del material del que está hecho el núcleo de la bobina: Existen bobinas que no tienen núcleo por lo que este factor no les afecta. (Álvarez, 2015).

En la figura 2.1 se muestra un esquema con los tipos de bobinas que se pueden encontrar dependiendo su aplicación.

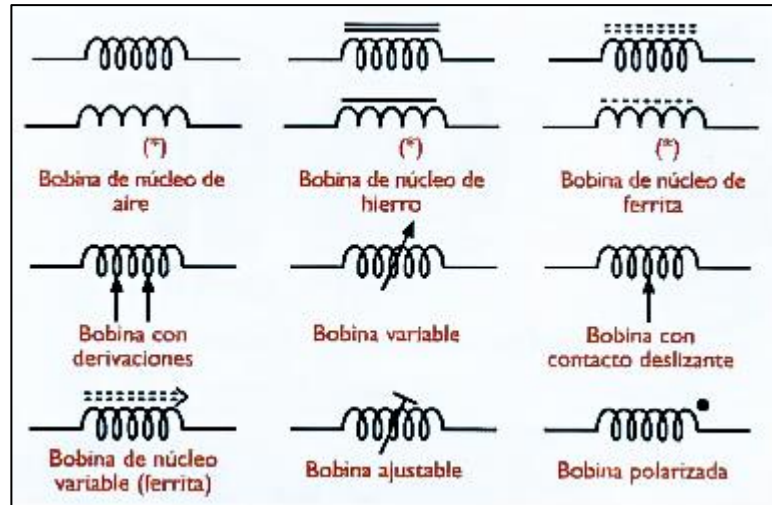


Figura 2.1 Tipos de Bobinas.

Los circuitos electrónicos precisan, en muchas ocasiones, de los efectos de autoinducción; pero el valor que debe tomar la bobina varía para cada circuito, quedando a merced del resto de los componentes los cuales tampoco están exentos de la inducción. Debido a ello, no se ha podido estandarizar la fabricación de bobinas, cada fabricante las hace de acuerdo con las necesidades de un circuito determinado, usando los medios que considera más apropiados. La técnica de fabricación es muy variada; pero los materiales utilizados son los mismos para todos. En la mayoría de los casos, lo que se pretende es oponerse a la variación de corriente, importante papel que la bobina cumple. Ahora bien, si se encuentra auxiliada por otros materiales y dispuesta de tal modo que ellos puedan influir sobre ella, los resultados pueden ser muy distintos (Álvarez, 2015). En la figura 2.2 se muestra una pieza terminada del modelo 00914100.



Figura 2.2 Bobina Modelo 0091416100.

2.2 Descripción del Problema

En los últimos meses se ha visto un aumento significativo en los defectos generados en el proceso de embobinado por lo que todavía no se sabe a cuál es el motivo, mismo que se refleja en la generación de desperdicio, y las cifras oscilan los \$2,717.16 Dólares en pérdidas en un periodo de 5 meses.

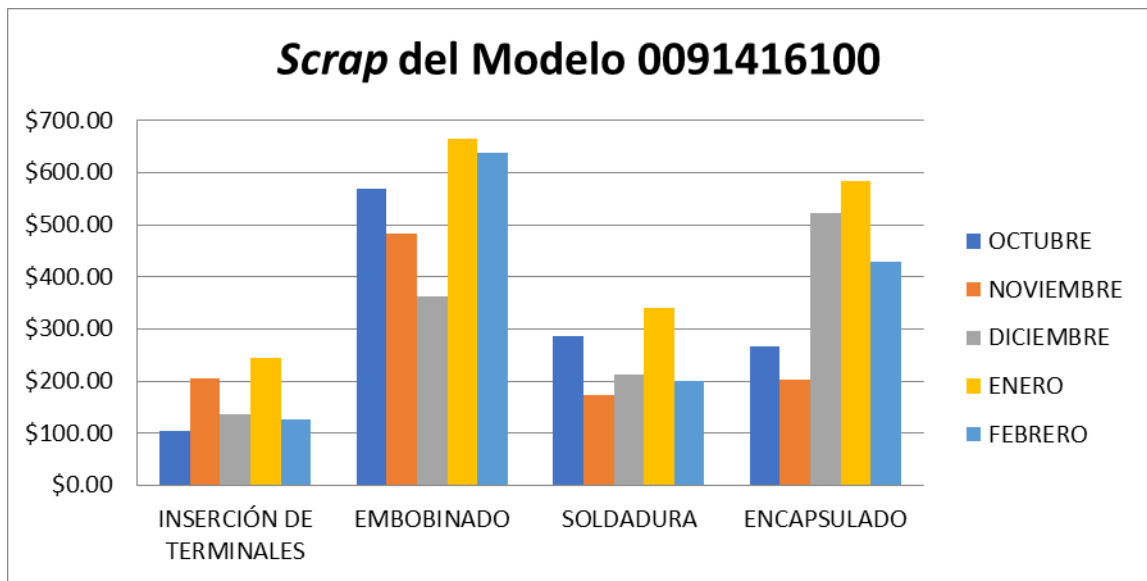


Figura 2.3 Registro de Costos Generados por Scrap.

En la figura 2.3 se muestran los costos generados por *scrap* del modelo 0091416100 en las diferentes estaciones de trabajo desde el mes de Octubre del 2021 al mes de Febrero del 2022.

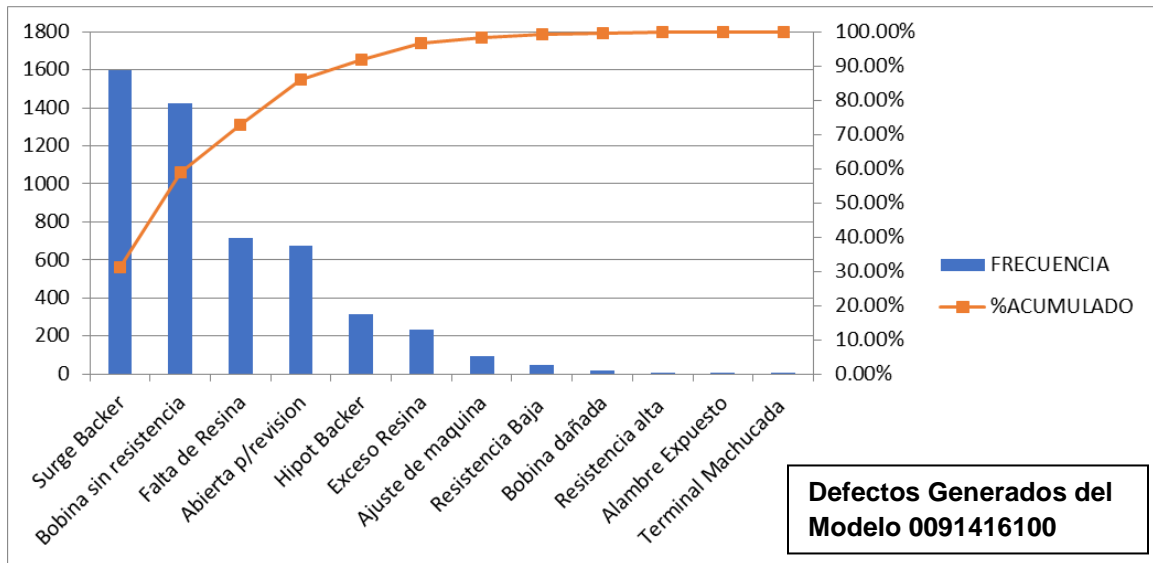


Figura 2.4 Gráfica de Defectos.

En la figura 2.4 se muestran los defectos generados del modelo 0091416100 registrados de Octubre del 2021 al Febrero del 2022. Donde los de mayor relevancia son *surge* y bobina sin resistencia.

2.3 Preguntas de Investigación

¿Cuáles son los elementos de mejora en el proceso de embobinado que ayudarán a reducir los defectos de calidad?

¿De qué manera la detección de los elementos de impacto ayuda a reducir significativamente las piezas defectuosas?

2.4 Hipótesis

H₁: Al mejorar los procesos donde se generan los defectos de calidad, se disminuirá significativamente la variación.

H₂: La determinación de los factores que impactan a la mala calidad serán claves para realizar cambios y mejoras en el proceso.

2.5 Objetivo

Analizar las condiciones actuales del proceso de la Máquina Aumann 20® y determinar las áreas de oportunidad de mejora para disminuir los defectos de calidad.

2.5.1 Objetivos Específicos

- a) Reducir la generación de *scrap* en el área de embobinado.
- b) Mejorar el método de trabajo en el proceso que involucra al modelo 0091416100.

2.6 Justificación

No existe un procedimiento formal para la mejora de la calidad en el producto, por lo que se están generando pérdidas económicas significativas para la empresa, además que no se están satisfaciendo la necesidades del cliente y la empresa corre el riesgo de perder clientes potenciales, por lo cual es conveniente realizar la investigación ya que se obtendrán beneficios como disminución en la generación de *scrap*, disminución de las quejas del cliente, ahorro en el pago de tiempo extra, mejorar los procesos y aumentar las utilidades de la empresa.

2.7 Delimitaciones

Este estudio se llevara a cabo en el área de Bobinas 25 M de la empresa bajo investigación

Se pretende analizar los tres turnos para unificar los resultados.

3. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presenta la revisión de literatura realizado para atender la problemática expresada en el capítulo anterior.

3.1 Conceptos Básicos de Calidad y Productividad

Desde el punto de vista del consumidor, las empresas existen para proveer un producto o servicio, ya que ellos necesitan de materiales que satisfagan sus necesidades o expectativas. Estos productos son el resultado de un proceso, el cual es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Un proceso está conformado por varias etapas o subprocesos, mientras que las entradas o insumos incluyen sustancias, materiales, productos o equipos. Los resultados o salidas pueden ser un producto en sí o una modificación de los insumos, que a su vez será un insumo para otro proceso (Gutiérrez, 2013).

Una exigencia en particular de los clientes es la calidad. Algunas definiciones son las siguientes; según la ISO 9000 (2005) la calidad se entiende como el grado en el que un grupo de características inherentes cumple con los requerimientos. Mientras que Ishikawa (1988) indica que los aspectos de la calidad son diseñar, desarrollar, manufacturar y mantener un producto de calidad. Este producto debe ser el más práctico, rentable y satisfacer completamente al consumidor final. Por su parte Deming (1988) determinó al concepto calidad como el nivel predecible de similitud y fiabilidad a un bajo costo. Este grado debe ajustarse a las necesidades del mercado. Según Deming (1988) la calidad no es otra cosa más que una serie de pasos hacia una mejora continua. Como resultado, la satisfacción del cliente y la calidad están

relacionadas, se dice que el cliente está satisfecho cuando percibe del producto o servicio al menos de lo que esperaba.

Cuando se tiene mala calidad en las actividades de una empresa estas mismas se reflejan en:

- a) Retrabajos, desperdicios y retrasos en la producción.
- b) Pagos por elaborar productos deficientes.
- c) Paros de línea y fallas en los procesos.
- d) Inspecciones excesivas con el objetivo de identificar los productos deficientes para que no salgan al mercado.
- e) Mayor presión a los trabajadores.
- f) Devoluciones del cliente por productos deficientes.
- g) Problemas con los proveedores.
- h) Más servicios por cobertura de garantía.
- i) Clientes insatisfechos y menos ventas.
- j) Conflictos entre los miembros de la empresa.

Los aspectos anteriores implican más gastos, menos producción y menos ventas. Se deben cubrir los pagos de inspección, los retrabajos, el tiempo extra por retrasos, el servicio de garantía; además el uso de maquinaria, espacios, servicios (agua, energía eléctrica, gas, etc). y personal para que los supervise. Si bien, la mala calidad no solo trae como consecuencia clientes insatisfechos sino también mayores costos; por lo que no se puede competir en calidad ni en precio, menos en tiempo de entrega. En la figura 3.1 se muestra la relación en cadena que se logra cuando se mejora la calidad.

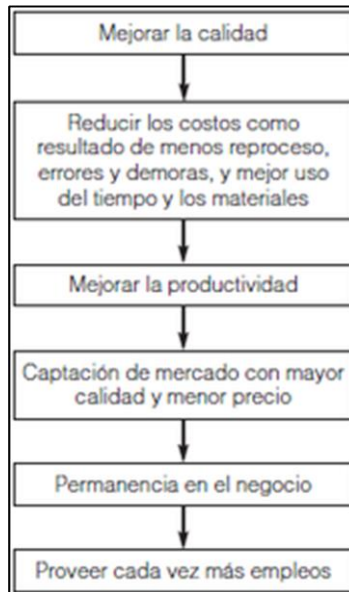


Figura 3.1 Reacción en Cadena que se dá al Mejorar la Calidad (Deming, 1988).

Lo anteriormente mencionado muestra la importancia del control de calidad, que se refiere al conjunto de actividades orientadas al cumplimiento de la calidad. Además es necesario implementar planes de mejora como lo es Seis Sigma, ya que al reducir los costos de nula calidad e incrementar la productividad, se vuelven atractivas desde el punto de vista económico.

La productividad se define como la relación producto-insumo durante un período de tiempo determinado con suficiente control de la calidad (Hernández, 2006). Según Núñez (2007), puede considerarse como un indicador de la eficacia con la que se han reunido y aplicado los recursos a los resultados particulares deseados. Mientras que Sevilla (2016) refiere que es una medida económica que determina cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, material, tecnología, tiempo, tierra, etc.) durante un periodo determinado. Cabe recalcar que la productividad está dividida en dos componentes: eficiencia y eficacia.

Hernández (2006) define que la eficiencia se refiera a alcanzar las metas con la menor cantidad de recursos. Obsérvese que el punto clave en esta definición es ahorro o reducción de recursos al mínimo. Mientras que Diez De Castro et al. (2005) indican que es la relación entre los esfuerzos y los resultados, por lo que se mide dividiendo las salidas entre las entradas. La ISO 9000 (2015) refiere de forma más simple que es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Según Hernández (2006), la eficacia consiste en alcanzar las metas establecidas por la organización. La definición de Diez De Castro et al. (2002) es la capacidad administrativa para alcanzar las metas o resultados propuestos. Y la ISO 9000 (2015) indica que es la extensión en la que se realizan las tareas planificadas y se logran los resultados previstos.

3.2 Manufactura Esbelta

Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre otros (Díaz del Castillo, 2009).

Orozco et al. (2018) menciona en su trabajo de investigación algunas definiciones de la manufactura esbelta de la siguiente manera: El término *Lean* denota a un sistema que utiliza menos, en términos de todas las entradas, para crear las mismas salidas, que en un sistema de producción en masa tradicional. También menciona que la manufactura esbelta es una filosofía basada en el sistema de producción Toyota®, que centra sus esfuerzos en la reducción del tiempo entre la orden y el envío al cliente, mediante una eliminación consistente del desperdicio. Además considera que la manufactura esbelta se enfoca en

entregar un producto de máxima calidad a tiempo y con el menor costo. De estas definiciones se concluye que la manufactura esbelta es una filosofía que en su conjunto busca superar las expectativas del cliente al mínimo costo, mediante la eliminación de cualquier desperdicio dentro del sistema (Orozco et al. 2018).

Actualmente el término de manufactura esbelta es muy utilizado en la industria debido a que es una filosofía de excelencia de manufactura y porque las empresas constantemente buscan herramientas y técnicas que le permitan elevar su competitividad dentro del mercado global.

La manufactura esbelta utiliza menos que la manufactura tradicional en masa (espacio, tiempo, herramientas, inventario, etc.) lo que se traduce en menos defectos y se puede producir un mayor número y variedad de productos (Ibarra-Balderas y Ballesteros-Medina, 2017).

Los principales objetivos de la manufactura esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. Manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, La manufactura esbelta: reduce la cadena de desperdicios dramáticamente, reduce el inventario y el espacio en el piso de producción, crea sistemas de producción más robustos, crea sistemas de entrega de materiales apropiados, mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

Según Díaz del Castillo (2009), la implantación de manufactura esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son: Reducción de 50% en costos de producción, reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega (*lead time*), mejor calidad, menos

mano de obra, mayor eficiencia de equipo, disminución de los desperdicios, sobreproducción, tiempo de espera (los retrasos), transporte, el proceso, inventarios, movimientos y mala calidad.

Los principios centrales de la manufactura esbelta que hacen este sistema diferente versus el sistema de producción tradicional son: Producción basada en órdenes, cero defectos, eliminación del desperdicio, enfoque en la mejora continua incremental, respeto por la humanidad, sistema de administración visual, enfoque en el cliente y relación de proveedores.

Los principios *Lean* definen el valor del producto/servicio que es percibido por el cliente y hacen que el flujo del sistema se alinie con sus requerimientos para alcanzar la perfección a través de la mejora continua y la eliminación del desperdicio, mediante la clasificación de las actividades que agregan valor y las que no agregan valor (Orozco et al. 2018).

3.2.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta

A continuación se muestra una tabla con algunas de las herramientas de manufactura esbelta y la descripción de cada una de ellas.

Tabla 3.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta (González, 2007)
(Orozco, et al. 2018). Modificada.

Herramienta	Descripción
5's	Se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras.
<i>Single Minute Exchange of Die</i> – Cambios Rápidos (SMED)	Es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en menos de diez minutos.
<i>Total Productive Maintenance</i> – Mantenimiento Total Productivo (TPM)	Es un sistema donde cada uno de los elementos contribuye a la búsqueda de la perfección de las operaciones de la planta como a través de acciones ordenadas y con metodología específica que permite eliminar las pérdidas de los sistemas productivos.
Trabajo Estandarizado	Es un método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y el desequilibrio, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo teniendo siempre como prioridad la seguridad, asegurando la plena Satisfacción de los Clientes; hacer siempre lo mismo de la misma manera.
Mapeo de la cadena de valor (VSM)	Se define la cadena de valor desde que llega la orden del cliente hasta que recibe el producto terminado. Se describen todas las VA y los NVA.

Tabla 3.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta (Continuación) (González, 2007) (Orozco, et al. 2018). Modificada.

Sistema de jalar y empujar	El sistema de jalar se basa en los requerimientos del cliente, el sistema de empujar se basa en una programación predeterminada.
Manufactura Celular	Redefine la planta en grupos donde se produce un producto con el mínimo de tiempo y transporte.
<i>Kanban</i>	Tiene como finalidad establecer un sistema de comunicación efectiva para el surtimiento de materiales en los procesos de manufactura por medio de controles de tipo visual, el más común es la tarjeta.
Flujo de una pieza	Flujo sin interrupción, disminuye el inventario en proceso debido a que elimina la espera.
Nivelación de la producción	Reducción del desperdicio al encontrar la mezcla perfecta entre el volumen y variedad.
Cada intervalo una parte	Nivelación de partes
Percepciones del empleado	Compromiso, métodos de trabajo, comunicación, cambio cultural.
<i>Kaizen</i>	En Japón es sinónimo de mejora continua, la búsqueda incesante de mejores niveles de desempeño en materia de calidad, costos, tiempos de respuesta, velocidad de ciclos, productividad, seguridad y flexibilidad entre otros.
<i>Jidoka</i>	Se refiere a la habilidad del equipo de producción, incluido una simple máquina para identificar el malfuncionamiento y evitar la generación de defectos. Una definición alterna es la automatización con toque humano.
<i>Poka Yoke</i>	Es una técnica para evitar los simples errores humanos en el trabajo.
Sistema Andón	Es usado por los operadores para indicar posibles problemas o interrupciones en la línea de ensamble. También puede ser utilizado para proveer retroalimentación a personal de materiales, mantenimiento y producción sobre necesidades de producción, problemas con los equipos, tiempos muertos, etc.

3.3 Procesos de Manufactura

Se conoce como el sistema que recibe entradas (material, material, energía, recursos humanos, etc.) y transforma estas internamente mediante diferentes procesos para finalmente entregar un producto terminado a la salida (Oztemel, 2010). Mientras que Mata et al. (2016) lo describe como las actividades que interactúan con un conjunto de recursos para obtener un producto. La Academia de Ingeniería de México la define simplemente como la conversión de materia prima a productos terminados (AIM. 2017).

Los sistemas de trazabilidad en la producción permiten identificar un producto en su paso por la cadena de suministros de forma completa, desde las materias primas que se encuentran con el proveedor hasta que llegan al consumidor final o de la forma interna, desde que empieza su proceso de producción hasta que sale de la empresa. Por lo tanto, un sistema de

trazabilidad representa una ventaja competitiva para cualquier organización además de ser un valor agregado para el cliente (Niebel y Freivalds, 2004).

3.3.1 Variación en los Procesos

Un proceso industrial está sometido a una serie de circunstancias aleatorias donde es imposible fabricar dos productos exactamente idénticos. Esto da como resultado características variables y no uniformes en el producto manufacturado. Esta variabilidad claramente no es deseable y el objetivo es reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de límites razonables. El control estadístico de proceso es una herramienta útil para alcanzar este segundo objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación. Permite también aumentar el conocimiento de los procesos lo cual en algunos casos puede conducir a la mejora del mismo (Ruíz-Falco, 2006).

Se dice que existen cinco fuentes de variación principales en los procesos de fabricación, las cuales son, la variación en las materias primas, variación de equipo, variación de acciones humanas, variación de medio ambiente y variación en método (Robinson, 2015).

Nada puede hacerse para suprimir por completo las variaciones en los procesos, pero la gerencia tiene la opción de investigar las causas de variación al fin de minimizarlas (Krajewski y Rizman, 2000).

3.4 Metodología Seis Sigma

Iniciemos por definir el término sigma; es la letra griega que se usa para denotar la desviación estándar poblacional (proceso), la cual proporciona una forma de cuantificar la variación. El nivel de sigmas que tiene un proceso es una forma de describir qué tan bien la variación del proceso cumple las especificaciones o requerimientos del cliente, la meta ideal es que el proceso tenga un nivel de calidad Seis Sigma. En la figura 3.2 se muestra la letra griega sigma (Gutiérrez y de la Vara, 2013).



Figura 3.2 Letra Griega Sigma

La evaluación y análisis del ingeniero Mikel Harry sobre la variación de los procesos en la empresa Motorola® dio origen al método Seis Sigma, una filosofía que surgió por primera vez en la década de 1980. Como parte de una estrategia de mercado y mejora de la calidad, fue la primera empresa en utilizar esta metodología. Debido a la globalización, las empresas de los sectores industrial y comercial comenzaron a desarrollar métodos para optimizar los procesos y aumentar su productividad y competitividad.

La mejora continua es un componente clave de esta metodología. Seis Sigma ofrece soluciones rápidas a problemas recurrentes y se basa en las ideas estadísticas de Deming, Juran, Shewart y Taguchi. Incluye un diseño sólido y tolerancias que se establecen para definir un estándar y determinar qué productos tienen o no la calidad suficiente para venderse (Navarro et al. 2017).

3.4.1 Mejora de Proceso

Para efectos de competitividad, seis sigma es también muy importante debido a su fundamentación en la eliminación del desperdicio y la reducción de los costos de la falta de calidad. Este tópico es fundamental porque permite a la empresa competir por la vía de los costos. Pero de igual manera, la técnica ataca el problema de la calidad y la agilidad, el punto del aumento de la productividad, es decir, conjugando todos estos ingredientes hace una contribución fuerte en la competitividad. Esto permite también medir la importancia estratégica de ella, lo que apuntala la atención que debe brindar la gerencia en su implementación.

Seis Sigma también ofrece un enfoque para la acción; no se trata solo de análisis y estudio, sino que se centra en la práctica. Esto se logra a través del

establecimiento de objetivos o metas muy específicas, las acciones a realizar, el establecimiento de métricos, el desarrollo de cronogramas y su seguimiento, y la vista puesta constantemente en los resultados (Mendoza et al. 2005).

Para ello es indispensable llevar un registro sobre las variables de la resistencia de las bobinas y su comportamiento respecto al tiempo, ya que la variabilidad es indeseable pero constante, debe de ser reducida lo más posible y por lo tanto mantenerla en los límites de aceptación. El control estadístico del proceso C_p (Capacidad del Proceso) es una herramienta útil para alcanzar esos objetivos.

$$\text{Capacidad del Proceso} = \pm 3(\text{De un total de } \sigma) \quad (3.1)$$

Dónde: σ es la desviación estándar del proceso cuando se encuentra en estado de control estadístico, es decir sin la afectación de factores externos o cambios repentinos. El proceso está centrado en la especificación nominal y se sigue una distribución normal, 99.73% de las muestras de resistencia estarán a menos de 3σ de la especificación nominal.

Solo el 0.27% que es el restante del nivel de significancia quedará a la salida del proceso, por lo tanto, estará fuera de los límites de tolerancia natural.

$$C_p = \text{Tasa de Capacidad} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (3.2)$$

Donde; LSE es el límite Superior de Especificación y LIE es el límite inferior de especificación, si el proceso tiene capacidad para fabricar el producto que cumpla con las especificaciones o tolerancias, entonces $C_p > 1$. En general se exige $C_p > 1.30$ para mayor seguridad (RPS-Qualitas, 2010).

Se muestra en la Tabla 3.1 los valores del C_p con lo que podemos evaluar y tomar decisiones en nuestros procesos.

Tabla 3.2 Índices de C_p

C_p	Decisión
$1.33 < C_p < 2.22$	Posee capacidad de diseño, El proceso está más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de capacidad
$1 < C_p < 1.33$	Embobinado adecuado para lo que fue diseñado, requiere control estrecho si se acerca al valor de 1.
$0.67 < C_p < 1$	Proceso de embobinado no es adecuado para cumplir con el diseño inicial. Requiere monitoreo constante.
$C_p < 0.67$	No es adecuado para cumplir con diseño inicial.

Este coeficiente tiene el inconveniente de que para poder aplicarlo al centro del proceso deben de coincidir con la tendencia central de las mediciones del proceso. Cuando esto no sucede se recurre al proceso de C_{pk} .

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\} \quad (3.3)$$

El objetivo del C_{pk} sirve para relacionar la distribución de nuestro proceso con los valores z de la curva normal estándar. En otras palabras, ayuda a estimar la cantidad de producto fuera de especificación (Ruíz-Falco, 2006). Para utilizar correctamente el índice de C_{pk} , se deben considerar varios elementos.

Tabla 3.3 Índices de *Cpk*

<i>Cpk</i>	Decisión
$Cpk < 1$	El proceso genera producto fuera de especificación.
$Cpk = 0$	El promedio se encuentra en uno de los límites especificados.
<i>Cpk</i> negativo	Indica que el promedio esta fuera de los límites especificados.
$Cpk > 1.33$	Proceso dentro de control, nivel óptimo.

3.4.2 Metodología DMAIC

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo de mejora estandarizado a seguir. DMAIC es un modelo que se adhiere a un formato estructurado y metódico, es un proceso de mejora que hace uso de la metodología Seis Sigma. Cinco fases lógicamente conectadas conforman el proceso DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Todas estas etapas utilizan una variedad de herramientas para encontrar las respuestas a ciertas preguntas precisas que guían el proceso de mejora (Ocampo y Pavón, 2012).

Tabla 3.4 Fases de la Metodología DMAIC. (Elaboración propia).

Definir	Medir	Analizar	Mejorar (<i>Improvement</i>)	Controlar
D	M	A	I	C

A continuación se describen las fases de esta metodología:

Fase 1. Definir. Esta etapa se realiza la identificación del proceso o producto que necesita mejorar. Es decir que se delimita el proceso específico en el que se desarrollará el proyecto. Es aquí donde se determina el problema que está afectado el proceso, recursos con los que se cuenta, el cliente al cual llega el producto y se plantean objetivos y se establece el equipo de trabajo con el

cual llevar a cabo el proyecto. También se realizan evaluaciones comparativas de los productos, sus características principales, los equipos, personas, materias primas y demás variables que intervienen en el proceso y que son críticas para el mismo. Además permite realizar una evaluación comparativa de la composición y especificaciones de productos y procesos pertenecientes a empresas de clase mundial.

Algunas herramientas usadas en esta fase son: La Acta de Constitución del Proyecto, Mapa de Proceso SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers*), Voz del Cliente y Árbol Crítico para la Calidad (CTQ, *Critical Tree for Quality*, por sus siglas en inglés).

Fase 2. Medir. Es aquí donde se declaran las variables del proceso que son dependientes, esta es una fase de recolección de la información; se establece de manera objetiva la línea base del proceso. Esta línea base será comparada con las mediciones que se realicen en el proceso al final de la aplicación del proyecto para determinar si hubo un mejoramiento significativo. Es vital realizar una buena toma de datos ya que esto será la base sobre la cual se trabajará en este ciclo DMAIC.

Algunas herramientas usadas en esta fase son: Matriz de Priorización, Análisis de Tiempo de Valor, Gráficos de Pareto y Gráficos de Control.

Fase 3. Analizar. En esta fase de la metodología DMAIC se analizan y evalúan los resultados obtenidos; su propósito es identificar, validar y seleccionar las causas raíz de la variación del proceso para así poder atacarlas. Un plan de recopilación de datos se crea y los datos se recogen para establecer la contribución relativa de cada una de las causas que afectan la métrica del proyecto, (Y). Este proceso se repite hasta que se pueden identificar causas raíces válidas. En Seis Sigma, se utilizan a menudo herramientas de análisis complejos, sin embargo, es aceptable el uso de herramientas básicas si estos son apropiados.

Entre las herramientas más usadas en esta fase son: Diagramas de causa-efecto, Prueba de Chi-Cuadrado, T y F, Estudio de Correlación y Diagrama de flujo.

Fase 4. Mejorar. En esta etapa se seleccionan las características de rendimiento que deben mejorar para lograr el objetivo. Es aquí donde se identifican, ponen a prueba y se implementan soluciones de mejora, ya sea de manera parcial o total en los procesos. Se proponen soluciones creativas e innovadoras con las cuales eliminar o mitigar las causas de variación del proceso en orden de mejorar el rendimiento y prevenir posibles problemas.

Entre las herramientas más usadas en esta fase son: Lluvia de Ideas, Modo de Falla y Análisis de Efecto, Herramientas Lean y Simulación de Eventos Discretos.

Fase 5. Controlar. Tiene como propósito asegurar que las nuevas condiciones bajo las cuales se ha puesto el proceso se encuentren bajo los parámetros establecidos; su principal objetivo es sostener lo ya obtenido con las propuestas de mejoramiento, monitorear el proceso, para así garantizar continuidad y sustentabilidad del éxito. Para esto se hace uso de herramientas como tablas de control y listas de chequeo; es importante la concientización de los colaboradores ya que sin ella todo lo anterior no se podría mantener.

Las herramientas más utilizadas en esta fase son: Herramientas de control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas tales como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc. (Diago-Orozco y Mercado-Jaramillo, 2013).

3.5 Marco Referencial

A continuación se presentan investigaciones donde ya se ha utilizado la metodología DMAIC y se han obtenido resultados favorables.

La reciente investigación de Pérez et al. (2019), se realizó en una empresa de producto médico para reducir los problemas de calidad en la producción de citología, se utilizaron herramientas como el histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa-efecto, análisis de repetibilidad y reproducibilidad, lluvia de ideas y el método de Taguchi, atacando directamente el problema de mayor frecuencia (casquillo flojo), después de aplicar la metodología DMAIC se logró disminuir los costos, re trabajos y tiempos de entrega hasta en un 60%. Otro aspecto importante es que para implementar la mejora, no fue necesaria ninguna inversión, sino solamente controlar el ajuste de cada uno de los factores en los niveles establecidos.

En la investigación de García et al. (2016) se analizó el alto costo que genera el desperdicio de piezas utilizadas en pruebas destructivas de soldadura requeridas para asegurar la funcionalidad y calidad de un producto, se utilizaron herramientas como el histograma, diagrama de causa-efecto, análisis de modo de falla y efectos del proceso. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se modificó el tamaño de la muestra de 540 a 108 piezas por día, con lo cual se observó una reducción de costos de \$39,848 dólares en un periodo de seis meses después de su implementación, además de no presentar ninguna queja de cliente del producto por mala calidad de la soldadura.

Ponce et al. (2015) aplicaron la metodología DMAIC en troqueles para estampado metálico de alta velocidad, dentro de las herramientas que se utilizaron fueron el estudio de capacidad, diagrama de causa-efecto, se rediseñaron los troqueles y obtuvieron como resultado un impacto directo sobre el incremento de la eficiencia, productividad y gastos reflejados en los costos operacionales por Premium (embarques tardíos) y tiempo extra.

En la investigación realizada por Jasso et al. (2014) presenta la implementación de la metodología DMAIC para reducir los índices de piezas rechazadas en proceso de ensamble del resorte de fricción de la válvula, se

utilizaron herramientas como el histograma, diagrama de causa-efecto, lluvia de ideas, estudio de la capacidad del proceso, se implementaron mejoras en la estación de trabajo y se obtuvieron resultados favorables en los niveles de capacidad del proceso y en la reducción de las piezas detectadas como defectuosas, se mostró a la administración de la planta que los costos generados por el material no conformante (\$10,678 dólares) hubieran sido fácilmente evitables con la implantación de un sistema de monitoreo basado en los gráficos de control X-R.

4. MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se definen los materiales y metodología a seguir en la investigación para recabar los datos que se requieren para su análisis.

4.1 Materiales

Para la realización de la investigación utilizamos los siguientes materiales.

- Computadora Personal
- Software Minitab 17®.
- Software Microsoft Office®.
- Probadora de Resistencia Breaker 61®.
- Probadora de Impulso Baker DT05®.
- Piezas Físicas.
- Formato de Recolección de Datos.

4.2 Métodos

Se establece el método DMAIC para el planteamiento y solución, además de registrar la resistencia de las bobinas y realizar la prueba de *Surge* antes y después de aplicar dicha metodología. En la tabla 4.1 se muestran las etapas de la investigación así como la descripción de cada una de ellas.

Tabla 4.1 Descripción de la Etapas de Investigación.

Etapa	Descripción
1	Tomar los datos necesarios para conocer el estado actual del área
2	Identificar cuáles son los defectos de mayor ocurrencia en la bobina 00914100
3	Calcular los costos que generan los defectos
4	Analizar los datos para encontrar la causa raíz de la problemática
5	Generar una lluvia de ideas para aportar opinión sobre las posibles causas del problema
6	Tomar un muestreo de 300 piezas
7	Realizar mejoras en los módulos de trabajo
8	Llevar un control de las mejoras que se hagan en los módulos de trabajo
9	Realizar Conclusiones y Recomendaciones

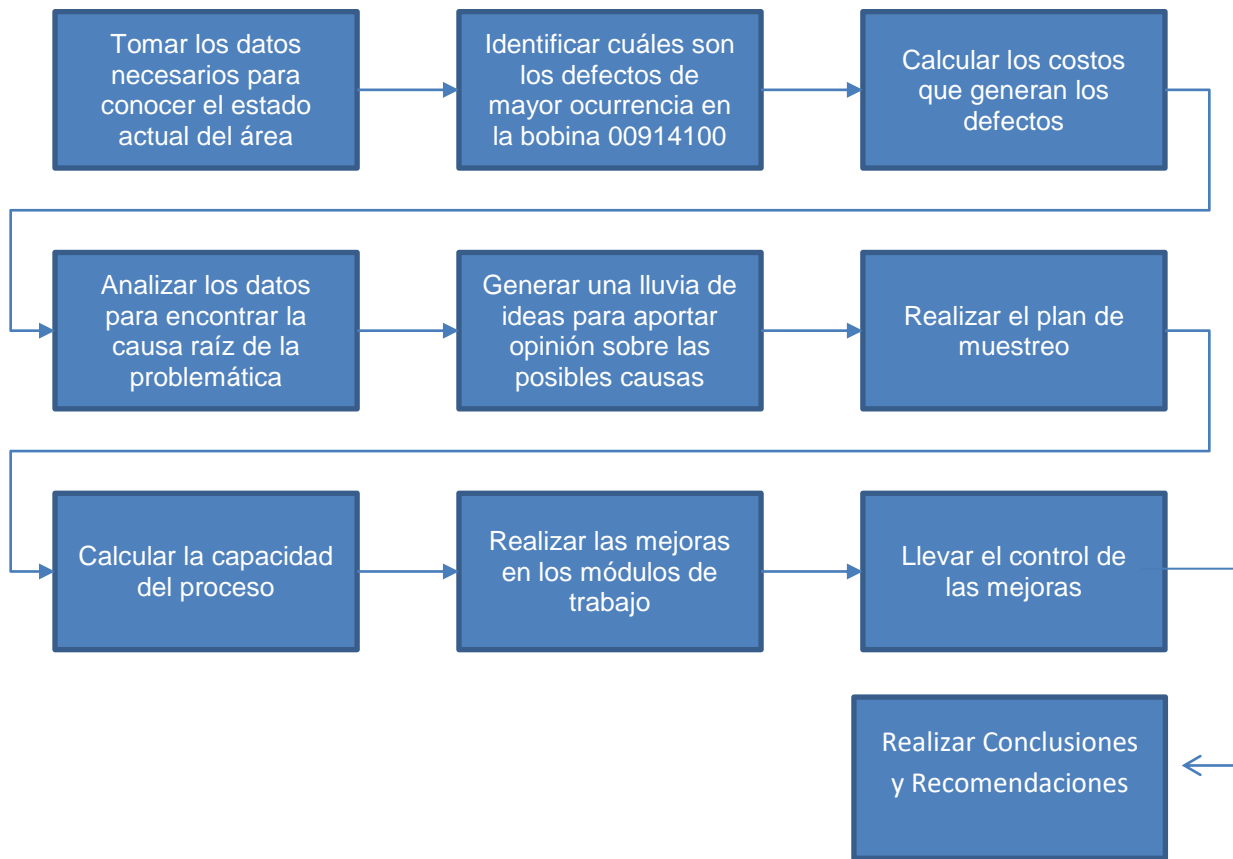


Figura 4.1 Metodología de la Investigación.

En la figura 4.1 se muestra la metodología utilizada en este trabajo de investigación.

4.2.1 Recolectar los Datos Históricos

Se tomaron los reportes del departamento calidad de los meses de Octubre 2021 a Febrero del 2022 y se calculó el total de defectos encontrados, a continuación se muestra una tabla con los defectos encontrados.

Tabla 4.2 Defectos, Frecuencia de Ocurrencia.

DEFECTOS	FRECUENCIA
Surge (Prueba de impulso eléctrico)	1600
Bobina Abierta (sin resistencia)	1421
Falta de Resina	716
Abierta p/Revisión	673
Hipot Backer	312
Exceso Resina	233
Ajuste de Maquina	95
Resistencia Baja	50
Bobina Dañada	16
Resistencia Alta	8
Alambre Expuesto	7
Terminal Machucada	3
TOTAL	5134

4.2.2 Identificar los Defectos de Mayor Ocurrencia

Se realizó un diagrama de Pareto y se identificaron las fallas de *Surge* y Bobina sin resistencia como los defectos de mayor ocurrencia. La figura 2.4 fue mencionada anteriormente en el capítulo 2.

4.2.3 Calcular los Costos que Generan los Defectos

Se sumaron todas las piezas defectuosas con falla de *Surge* (Prueba de impulso eléctrico) y Falta de Resistencia cuyo costo principalmente proviene del alambre de cobre, la cantidad oscila en los \$2,717.16 Dólares en pérdidas. La figura 2.3 se mencionó en el capítulo 2.

4.2.4 Lluvia de Ideas para Encontrar la Causa Raíz

Se realizó una tabla donde se muestra que es lo que ocurre en cada módulo de la máquina Aumann 20, qué defectos pueden generarse y cuáles son las posibles causas.

Tabla 4.3 Módulos de Trabajo de la Máquina Aumann 20®

¿Dónde Ocurre?	¿Qué Ocurre?	¿Cuáles son las Causas?	
Módulo 1			
<i>Pick Up & Place</i>	Falla detección de carrete dañado	Sensores desajustados o falla	
	Carrete dañado por proveedor no detectado por sensores	Modo de falla no contemplado	
	Daño por transporte entre pick up and place y pallet	Falta de mantenimiento a****	
Inserción de Terminales	Carrete dañado	Terminales chuecas por mala alimentación	
	Terminales flojas		
	Terminales mal insertadas	Terminales mal colocadas en rieles	
	Terminales desalineadas (Horizontal/Vertical)	Equipo sucio por contaminación (rebaba metal/plástico)	
<i>Date Code</i>	Pobre-no legible	Presión inadecuada	
	Deformado-no legible	Desajuste de la placa, dados desalineados	
	Daño de carrete (perforado)	Carretes con diferente densidad	
Módulo 2			
Transferencia de carretes	Daño de terminales	Transfer desajustado, <i>pinballs</i> faltantes o desajustadas	
Transferencia de <i>pallets</i> a herramientas	Se quiebra el carrete	Transfer desajustado, <i>pinballs</i> faltantes o desajustadas,	
Transferencia de herramientas a <i>pallets</i>	Se quiebra el carrete	<i>spindle</i> flojo por desgaste de base.	
Embobinado	Amarre de inicio fuera de especificación	Terminales dañadas	
	Alambre reventado	Aumento de tensión, rollo terminado	
	Alambre flojo	Falta de tensión	
	Bobina cónica		
	Alambre apretado	Aumento de tensión	
	Embobinado fuera del carrete	Carrete deforme	
	Embobinado doble	Ausencia de carrete para embobinar y el alambre expuesto	
	Embobinado doble	se embobina con el carrete de al lado	
	Falta <i>skeiner</i>	Alambre con mal ruteo o falta de tensión	
	Alambre cruzado	Presencia de remanentes de <i>skeiner</i> de la bobina anterior	
	Alambre cruzado	al momento de hacer el amarre inicial	
	Módulo 4		
	<i>Pick Up & Place</i>	Bobina atorada en el transfer	Mal embobinado, alambre roto, bobina dañada
			terminales dañadas
	Aplicación de soldadura	Soldadura en cantidad deficiente o excesiva	Mala programación de los niveles de soldadura
Terminales sin soldadura		Terminales chuecas, mala programación de niveles de soldadura	

Tabla 4.3 Módulos de Trabajo de la Máquina Aumann 20® (Continuación).

Aplicación de calor	Terminales con exceso de flux	Electrodo mal posicionado
	Terminales quemadas	Terminales chuecas, mayor tiempo del requerido
Módulo 5		
<i>Pick Up & Place</i>	Bobina dañada	Mala sujeción en la transferencia, sensores desajustados
Módulo 6		
<i>Pick Up & Place</i>	Bobina dañada	Mala sujeción en la transferencia, sensores desajustados
		Charolas mal colocadas

4.2.5 Análisis del Diagrama de Causa-Efecto

Con el propósito de encontrar la causa raíz, Se realizó una reunión con el personal involucrado directamente en la elaboración del modelo 0091416100 (personal operativo y personal de calidad).

Se evaluó cada causa con los siguientes criterios:

- a)-¿Es una de las causas del problema?
- b)-¿Contribuye esto directamente al problema?
- c)-¿Se resolvería el problema si esto se eliminara?
- d)-¿Puede sugerir una solución viable?
- e)-¿Se puede medir la eficacia de la solución?
- f)-¿La solución tiene un precio razonable?

Tabla 4.4 Criterios de Evaluación para Encontrar la Causa-Raíz.

CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS						TOTALES
		Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Mediciones	Solución							
Incorrectas por falta de supervisión	Revisiones frecuentes de calidad y producción	1	1	1	3	1	3	10
Incorrectas por falta de equipo	Proveer de equipo de medición	1	1	2	3	1	1	9
Materiales								
Distintos por cambio de proveedor	Seleccionar un mismo proveedor	1	1	1	2	3	3	11
Dañados por mal manejo	Ser más cuidadosos en el manejo	2	2	2	2	1	2	11
Mano de obra								
Pocas habilidades y destrezas por falta de capacitación	Capacitación y certificación del personal	1	2	2	3	2	3	13
Desmotivada por falta de oportunidades de crecimiento	Ofrecer un mejor salario al personal operativo	1	2	2	2	2	2	11
Medio ambiente								

Tabla 4.4 Criterios de Evaluación para Encontrar la Causa-Raíz
(Continuación).

Mala comunicación entre turnos y no se da seguimiento a las novedades	Implementar un formato de entrega y recibo de turno	2	1	2	2	2	3	12
Inseguridad laboral por la falla de guardas y sistema de luces	Reparar las guardas y sistema de luces	1	2	2	3	2	2	12
Métodos								
Distintos a los del manual debido a los cambios y ajustes que se hacen en los módulos	Modificar el manual de procedimientos con los nuevos ajustes	2	1	2	1	1	3	10
Máquinas								
Módulos desajustados por la falta de calibración	Realizar los ajustes necesarios y anotarlos en el formato de inicio de turno	3	3	3	3	3	3	18
Fallas constantes por falta de plan de mantenimiento	Implementar un plan de mantenimiento	2	2	2	2	2	3	13

Tomando en cuenta la opinión del equipo se les dio una ponderación de 1 al 3, donde 3 equivale a mayor impacto y 1 a menor impacto. Eligiendo la causa raíz módulos desajustados como la de que es la que genera el problema.



Realizado por: Pedro Rojas, Carlos Salas y Manuel Contreras.

Figura 4.2 Diagrama de Causa-Efecto

4.2.6 Tomar el Muestreo

Para la evaluación de las piezas se consideró medir la resistencia. Esta información registrada arroja la capacidad en el proceso actual.

Mencionado anteriormente como defecto principal en el modelo 0091416100 es la bobina abierta, a continuación se describen los valores permitidos para aceptar o rechazar una pieza.

Modelo	Mínimo (OHMS)	Máximo (OHMS)
0091416100	1100	1555

Antes de iniciar el proceso de prueba de bobinas, se introducen las piezas maestras o patrón, con las cuales tomamos de referencia para saber que el proceso está funcionando correctamente. La calibración de la probadora (Breaker 61®) se lleva a cabo cada 6 meses o cuando se realiza alguna reparación.

Una vez definidos los límites permitidos para la resistencia de las bobinas se realiza el estudio de capacidad del proceso, el cual consta de 300 *items*.

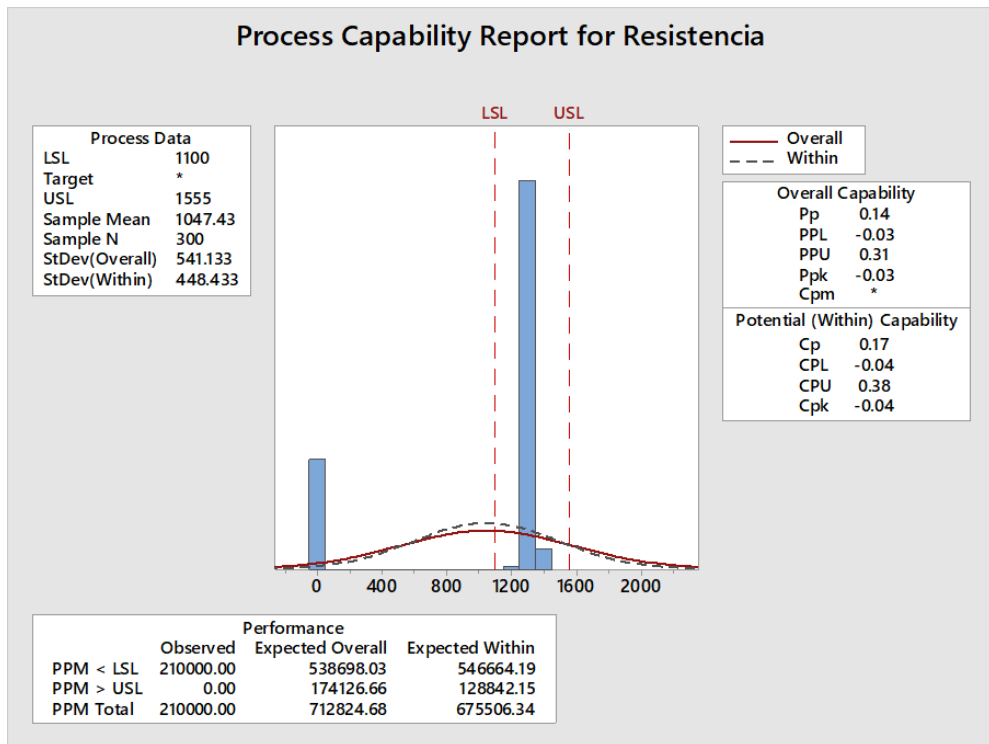


Figura 4.3 Análisis de la Capacidad del Proceso (Resistencia) Antes.

Una vez que se realizó el análisis se puede observar que no se cumple con las especificaciones del fabricante.

4.2.7 Realizar Mejoras en los Módulos de Trabajo

Se realizaron las mejoras pertinentes en cada módulo de trabajo que posteriormente se mencionan.

Se destacan los cambios realizados ya que estos mejoraron el proceso en el área de bobinas 25M, los cuales se enlistan a continuación en la tabla. 4.5

Tabla 4.5 Cambios en el Área de Bobinas 25M.

Antes	Actualmente
Se dejaron de realizar las auditorias de 5S's debido a la pandemia.	Los martes y jueves se ofrecen pequeñas platicas en donde se trata en tema de 5S's.
No se introducían las piezas maestras al inicio de turno en la probadora Breaker 61®.	Calidad verifica que se introduzcan las piezas maestras y que la probadora funcione correctamente.
Se iniciaba la producción sin que calidad liberara las primeras piezas.	Calidad libera las primeras piezas para después iniciar la producción.
No se medía la tensión de los alambres de la embobinadora.	Calidad verifica que se mida correctamente la tensión antes de iniciar el turno, cuando un alambre se rompe o se termina un rollo.
La embobinadora funcionaba con las guardas abiertas por lo que se corría el riesgo de ocasionar un accidente.	Se realizó una modificación en la embobinadora para que esta no pueda funcionar con las guardas abiertas.
Sólo se hacía limpieza superficial de la maquinaria y equipo.	Se lleva a cabo un programa de mantenimiento autónomo de la siguiente manera. Lunes: Probadoras Miércoles: Moldeadoras Viernes: Embobinadoras Los días que no corresponde limpieza de las antes mencionadas se realizan limpieza de mesas y sillas incluyendo las patas.
Las cuchillas que cortan los alambres de la embobinadora no se ajustaban con frecuencia, por lo que no cortaban correctamente los remanentes de alambre.	En cada inicio de turno se ajustan las cuchillas y se marca en la lista de verificación.
No existía un formato de entrega y recibimiento de turno donde se anotaban las novedades del día.	El operador no se puede retirar hasta que su compañero que recibe turno lee y firma dicho formato.
Cualquier operador podía manejar la máquina Aumann 20® con supervisión del líder o auxiliar.	El operador encargado del manejo de la máquina debe estar debidamente entrenado y certificado.

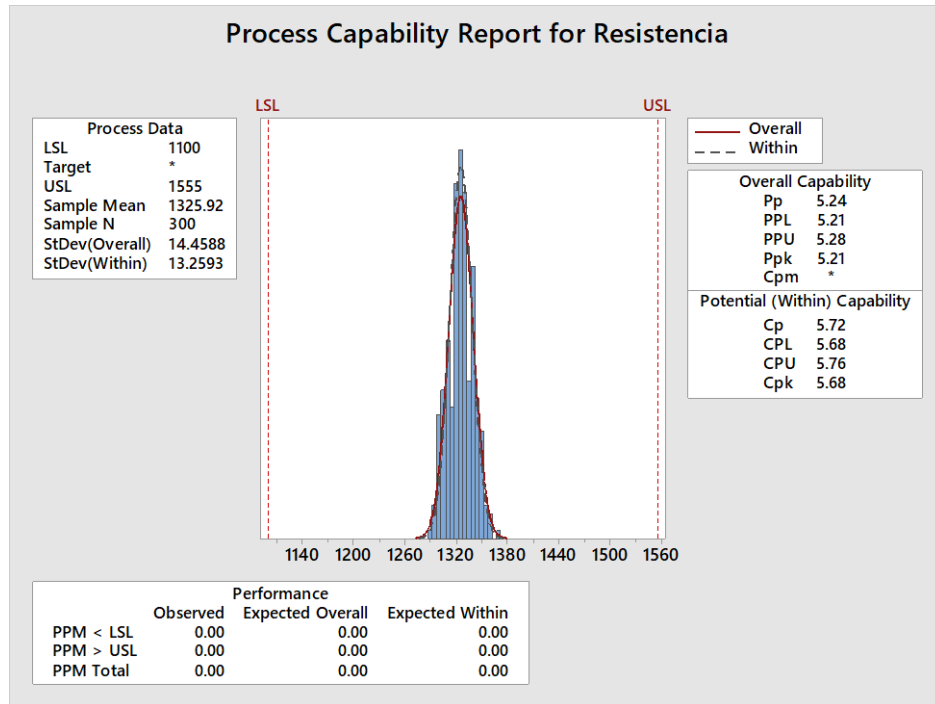


Figura 4.4 Análisis de la Capacidad del Proceso (Resistencia) Después.

Luego de realizar los cambios se volvió a hacer el análisis y se muestra que si se cumple con las especificaciones del fabricante.

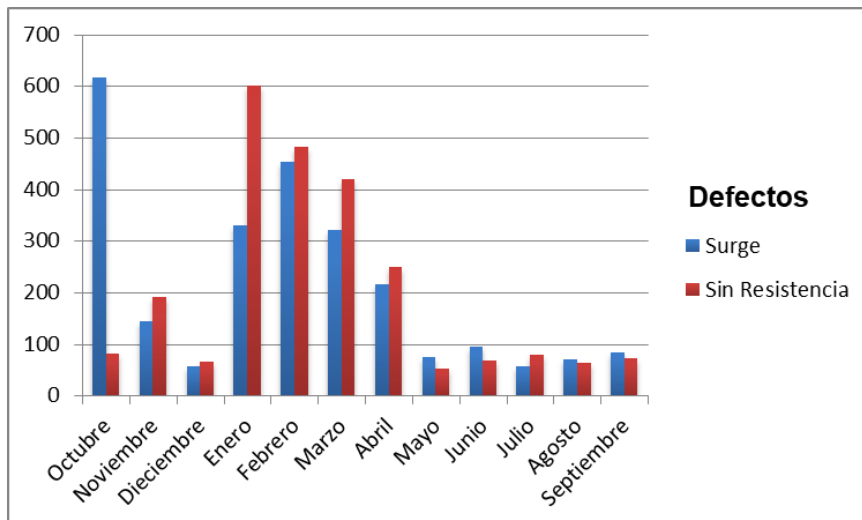


Figura 4.5 Historial de Defectos del Modelo 0091416100 de Octubre del 2021 a Septiembre 2022.

4.2.8 Control de las Mejoras

Para controlar las mejoras implementadas se rediseñó el reporte de inicio de turno y/o cambio de modelo, el cual se representa en la figura 4.6

VERIFICACIÓN DE CAMBIO DE MODELO Y/O INICIO DE OPERACIONES		
Modelo	Fecha	Hora

CARACTERÍSTICAS	PRODUCCIÓN	CALIDAD
Bill de materiales y Chargeover		
Primera pieza		
Personal con hoja de entrenamiento		
Pieza muestra (cuando aplique)		

Aprobación de la primera pieza y/o carga:

Supervisor Inspector

Máquina insertadora de terminales libre de modelo anterior		
Anotar código de fecha de carrete		
Chamfer de terminales de acuerdo con especificación (verificar en dispositivo o comparador)		
Pasó gage go & no go de longitud de terminales		
Máquina bobinadora libre de modelo anterior		
Programa de acuerdo a modelo cargado		
Número de parte de alambre y número de calibre de acuerdo con lo que se pide en el bill de material		
Ruteo correcto de los alambres en todos los spindles y limpieza de cerámica		
Llenado de reporte (Vueltas, resistencia y tensión)		
Skeiner en áreas de amarre		
Cuchillas ajustadas y sin remanentes de alambre		
Estación de soldadura libre de modelo anterior		
Correcta aplicación de soldadura por inducción (verifique todos los escantillones por aplicador)		

Aprobación

Persona de operación Fecha

Comentarios:

Figura 4.6 Lista de Verificación de Inicio de Turno y/o Cambio de Modelo

4.2.9 Realizar Conclusiones y Recomendaciones

Discutir sobre sobre los hallazgos de la investigación así como las conclusiones y recomendaciones para realizar futuros estudios.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describe los resultados obtenidos en el análisis del proceso planteado durante el capítulo anterior. Recordando que lo que se busca en esta investigación es el control del proceso de embobinado, reducir las variaciones de resistencia por el mal embobinado, a través del proceso DMAIC.

5.1 Definir

Se encontró en los reportes de calidad un elevado aumento en los defectos de calidad de Octubre 2021 a Febrero 2022, como se explica en la tabla 4.2 los defectos de mayor ocurrencia son *surge* y bobina sin resistencia.

5.2 Medir

Se sumaron todas las piezas defectuosas con falla de *surge* y falta de resistencia cuyo costo principalmente proviene del alambre de cobre, la cantidad oscila en los \$2,717.16 Dólares en pérdidas durante el periodo de Octubre del 2021 a Febrero del 2022. Como se muestra en la figura 2.3.

5.3 Analizar

Se realizó un diagrama de causa-efecto y una lluvia de ideas para encontrar el motivo que estaba ocasionando tales defectos, dándole un mayor peso a las máquinas, en especial al módulo de la embobinadora, el diagrama se muestra en la Figura 4.1 donde resalta que existe un desajuste en los módulos.

5.4 Mejorar

A lo largo del estudio se realizaron algunos cambios para mejorar el proceso, en la unidad 4 se inició con la aplicación de las 5S, así como mejoras específicas en la máquina Aumann 20® como el ajuste de las cuchillas que

cortan el alambre de cobre de la embobinadora. Tales mejoras se muestran en la tabla 4.4. donde se resalta la de mayor impacto es el ajuste de las cuchillas y dando como resultado la eliminación de los alambres sueltos o cruzados en las bobinas.

5.5 Controlar

Al inicio de turno o cambio de modelo se llena una lista de verificación para asegurarse que la máquina Aumann 20® se encuentra en óptimas condiciones para realizar el trabajo, así mismo se ofrece el apoyo de calidad para el arranque de turno, además de que ningún empleado que no esté debidamente certificado puede operar dicha máquina. Esto se muestra en las tablas 4.4 y 4.5 respectivamente, donde se puede notar lo siguiente: El formato de inicio de turno que registra las características en las que debe estar la Aumann 20® para operar correctamente, y que ayuda a identificar alguna desviación en las operaciones de inserción de terminales, embobinado y soldadura del modelo 0091416100.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se responden las preguntas de investigación, así como el análisis de las hipótesis que se plantearon, se verifica el logro de los objetivos establecidos. Por otra parte también se presentan las conclusiones y recomendaciones resultantes del desarrollo, validación y aplicación de este trabajo de investigación.

6.1 Conclusiones

Respondiendo a la pregunta relacionada a los elementos de mejora se encontró que el orden y limpieza de la maquina Aumann 20®, la tensión de los alambres, y el ajuste de las cuchillas de la embobinadora, favorecen a la reducción de los defectos de calidad.

En referencia a la segunda pregunta cabe recalcar que el orden y limpieza son factores destacados en el análisis de la maquina Aumann 20®, facilita que el operador se puede desplazar rápidamente por los diferentes módulos de trabajo además que le permite identificar cuando existe una falla en la misma, mantener la tensión correcta en los alambres ayuda a que los mismos no se rompan o estén flojos para que el embobinado sea el indicado a cada modelo, y al mantener ajustadas las cuchillas de la embobinadora y libres de remanentes de alambre se evitan alambres cruzados y/o flojos con lo cual se reducen los problemas de calidad como lo son *surge* y bobina abierta.

6.2 Análisis de las Hipótesis de Investigación

En este apartado se realiza el análisis de las dos hipótesis que se plantearon previamente en el Capítulo 2, lo cual proporciona validez y fundamento a la investigación desarrollada. La primera hipótesis se planteó de la siguiente manera:

H₂: Al mejorar los procesos donde se generan los defectos de calidad, se mejorará significativamente la variación.

Esta se planteó con la finalidad de eliminar la variación en las bobinas producidas del modelo 0091416100 aplicando una herramienta de Seis Sigma, corroborando estadísticamente los resultados obtenidos con el estudio de capacidad del proceso.

Se puede verificar que la aplicación de la herramienta utilizada para destacar los defectos que se presentaban en el proceso y ya explicados anteriormente, esta contribuyó además a estandarizar el proceso trayendo consigo la reducción en la variación del proceso, como lo podemos verificar en la figura 4.3 donde se presenta los registros de las piezas fabricadas después de la aplicación de las mejoras. Por lo cual se acepta H₁.

A continuación se muestra el planteamiento de la segunda hipótesis:

H₂: La determinación de los factores que impactan a la mala calidad serán claves para realizar cambios y mejoras en el proceso.

La segunda hipótesis se estableció con el propósito de que los cambios y mejoras en el área de embobinado se mantengan para que no vuelvan a aumentar los defectos de *surge* y bobina abierta. Por tal motivo H₂ se acepta.

6.3 Verificación del Objetivo de Investigación

El objetivo general de esta investigación es, analizar las condiciones actuales del proceso de la Máquina Aumann 20 para determinar las áreas de oportunidad de mejora y así disminuir los defectos de calidad.

En el capítulo 4 se desarrolló la metodología para lograr el objetivo propuesto, esta fue la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de elaboración de bobinas, logrando identificar donde se generaba el problema y atacando directamente la causa de éste, así como mejorar las condiciones de

trabajo desde el orden y limpieza del área hasta adopción y apego a los formatos como lo son la lista de verificación de inicio de turno y/o cambio de modelo donde se registran los datos necesarios para que la inicie la producción y si existe alguna desviación, controlarla de inmediato. De esta manera se concluye que se cumplió con los objetivos propuestos.

6.4 Recomendaciones

A continuación se presentan algunas recomendaciones, aunque el proceso del modelo 0091416100 era el que presentaba mayores problemas aún existen modelos donde se pueden mejorar los procesos dentro de la misma área de bobinas 25M como lo son los modelos 3500, 7101, 6502 y 4901, aun así los defectos no son tan costosos por ser defectos que se pueden solucionar mediante reparación o retrabajo se puede utilizar la metodología DMAIC en estas estaciones para encontrar el motivo que las está ocasionando, por lo que es conveniente en un futuro hacer una investigación en los distintos modelos de la unidad 4 ya que se comprobó que es un método económico y con el equipo multidisciplinario adecuado se consiguen muy buenos resultados.

Es de gran importancia que a todos los departamentos involucrados en Bobinas 25M se les incluya en futuros proyectos de mejoras (mantenimiento, almacén, calidad, ingeniería, embarques, etc). Ya que cada uno tiene una perspectiva diferente vista desde su departamento y pueden hacer aportes importantes donde tal vez exista un problema y la solución está en manos de otro departamento (por ejemplo: producción recibe los rollos de alambre golpeados, la solución la tiene calidad al momento de la inspección de entrada o almacén al momento del manejo de material, de esa forma se evitará que el alambre llegue dañado hasta producción).

El apoyo del recurso humano en esta investigación es imprescindible por lo que no hay que demeritar el trabajo del operador ya que es una pieza clave para la solución del problema, pues es quien está directamente relacionado con

el proceso y el producto, por lo que aporta datos que facilitan la identificación de la causa raíz, se recomienda incluirlo en los futuros proyectos que se realicen en Bobinas 25M.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia de Ingeniería de México. (2017). *Un Enfoque Estructural para Desarrollo, Diseño y Manufactura de Productos de Consumo*. Ciudad de México.
https://www.ai.org.mx/sites/default/files/ingenieria_de_manufactura.pdf.
Rescatado 6 abril de 2021.
- Álvarez L. (2015) *Bobinas, Manual de Electrónica* Departamento de Tecnología. Colegio Jorge Juan Xuvia. La Coruña, España. Rescatado 3 noviembre de 2021.
- Deming, W. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad*. Editorial Díaz de Santos. España.
- Diago Orozco, V. y Mercado Jaramillo, V. (2013). *Reducción de desperdicios en el proceso de envasado del yogurt purepak de 210 g en la máquina nimco en una empresa de lácteos, mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma*. Tesis de Licenciatura. Barranquilla, Colombia. Universidad de la Costa.
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/467/PROYECTO%20DE%20GRADO%20Victoria%20Diago%20Valeria%20Mercado%202013%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Rescatado 10 diciembre de 2021.
- Díaz Del Castillo Rodríguez, F. (2009). *Manufactura Esbelta. Lecturas de Ingeniería 6*. Departamento de Ingeniería. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán.
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf Rescatado 13 marzo de 2021.
- Díez de Castro J., Redondo C., Barreiro B. y López M. (2002). *Administración de Empresas: Dirigir en la Sociedad del Conocimiento*. Editorial Pirámide. España.
- García de Lira, G., Pérez Limón, J., Favela Hajar, R. y Guevara Fierro, N. (2016). *Reducción de Desperdicios en Pruebas Destructivas de Soldadura Mediante Seis Sigma*. UTCJ Theorema Revista Científica. 2 (4) 12-19.
<https://utcjtheorema.wixsite.com/inicio/n04-a02> Rescatado 20 septiembre de 2022.

- González F. (2007). "Manufactura Esbelta Principales Herramientas". Revista Panorama Administrativo. 1 (2). 85-112. <http://www.itc.mx/ojs/index.php/raites/article/view/77> Rescatado 2 marzo de 2021.
- Gutiérrez H. y De la Vara R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Tercera Edición. McGraw Hill. Distrito Federal. México.
- Hernández S. (2006). *Introducción a la Administración "Teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia"*. Cuarta Edición. (pp. 28). McGraw-Hill Interamericana. México. <http://cucjonline.com/biblioteca/files/original/53ee8e0f2c817dd1d840d53f6dff9dcd.pdf> Rescatado 22 abril de 2021.
- Ibarra Balderas, V. y Ballesteros Medina, L. (2017). *Manufactura Esbelta. Conciencia Tecnológica*. 53. <https://www.redalyc.org/journal/944/94453640004/> Rescatado 14 mayo de 2021.
- International Organization for Standardization. (2015). *Sistema de Gestión de Calidad. Fundamentos y Vocabulario*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es> Rescatado 10 noviembre de 2021.
- Ishikawa, K. (1988). *¿Qué es el control total de calidad?. La modalidad japonesa*. Grupo Editorial Norma. Colombia.
- Jasso Jasso, R., Pérez Holguín, I., Pérez Limón, A. y Sáenz Beltrán, M. (2014). *Aplicación de la metodología seis sigma para disminuir la variación de la medición de la carga del resorte de fricción*. Ingeniería de Procesos: Casos Prácticos. 1 (6) 57-66. https://www.researchgate.net/publication/292994535_Aplicacion_de_la_Metodologia_Seis_Sigma_para_Disminuir_la_Variacion_de_Medicion_de_la_Carga_del_Resorte_de_Friccion Rescatado 16 mayo de 2022.
- Krajewski L y Rizman. (2002). *Administración de Operaciones, Estrategia y Análisis*. Quinta Edición. (pp. 247). Pearson Education. México.
- Mata G., Méndez A., Cardillo J. y Chacón E. (2016). *Análisis de sistemas de manufactura conteniendo una exclusión mutua usando redes de petri*. Revista INGENIERÍA UC. 23 (1). 30-40.

<https://www.redalyc.org/pdf/707/70745478005.pdf> Rescatado 6 marzo de 2021.

Mendoza J. y Mendoza J. (2005). Seis sigma: hacia una cumbre de calidad. Revista Pensamiento y gestión. 101-117. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/view/3585> (Rescatado 2 Mayo 2022). Rescatado 22 febrero de 2022.

Navarro E., Gisbert V. y Pérez A. (2017). Metodología e implementación de six sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico. Edición Especial, 73-80. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf Rescatado 11 Mayo de 2022.

Niebel J. y Freivalds A. (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo.* Décimo Primera Edición. Alfaomega. México.

Núñez M. (2007). Material de apoyo del seminario Gestión de la Productividad. Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Barquisimeto, Venezuela. Rescatado 18 abril de 2022.

Ocampo J. y Pavón E. (23-27 de Julio de 2012). *Integrando la metodología DMAIC de seis sigma con la simulación de eventos discretos en flexsim* [Presentación en papel]. 10ma Conferencia de Ingeniería y Tecnología de Latino América y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá. <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf> Rescatado 11 mayo de 2022.

Orozco J., Madrigal K., Nakasima M., Beltrán E. y Carrillo T. (2018). Manufactura Esbelta: Caso estudio de una empresa de productos eléctricos”. Investigación Básica y Aplicada. Tijuana, Baja California, México. 6 (12). 269-275. <http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/revistaaristas/numeros/N12/articulos/269-275.pdf> Rescatado 7 mayo de 2021.

Oztemel, E. (2010). Intelligent manufacturing systems. En Benyoucef L., Grabot B. (Ed.), *Intelligence Techniques for Networked Manufacturing Enterprises Management.* (pp.1- 41). Springer. Rescatado 11 junio de 2022.

Pérez Domínguez, L., Pérez Blanco, J., García Villalba, L. y Gómez Cepeda, P. (2019). Aplicación de la metodología DMAIC en la resolución de

problemas de calidad. Mundo FESC. 10 (19). 55-66.
<http://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/15888> Rescatado 5 mayo de 2022.

Ponce, H., Cornejo, D., Molina, J. y López Benavides, F. (2015). Implementación de la metodología seis sigma para mejoramiento de troqueles de alta velocidad. Cultura Científica y Tecnológica. 56 (12). 165-177.
<https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/811> Rescatado 5 abril de 2022.

Robinson B. (2015, Abril 1). Cinco Fuentes de Variación en el Proceso. eHow en español:
https://www.ehowenespanol.com/cinco-fuentes-variacion-del-proceso-fabricacion-info_294570/ Rescatado 18 mayo de 2022.

RPS-Qualitas. (2010). Evaluación de la Calidad de los ensayos. Estudios de Capacidad de un Proceso.
<http://www.rpsqualitas.es/documentacion/ensayos.php> Rescatado 14 abril de 2022.

Ruíz-Falco A. (2006). Control Estadístico de Procesos. Universidad Pontificia de Madrid. 13-18. <https://web.cortland.edu/matresearch/controlprocesos.pdf>
Rescatado 15 abril de 2022.

Sevilla A. (2016). Productividad. Economipedia.com
<https://economipedia.com/definiciones/productividad.html> Rescatado 2 de septiembre de 2021.

ANEXOS

**Anexo A. Tabla I Registro de Resistencia de Bobina Modelo 0091416100
(valores en ohms) Antes.**

Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.
1	1330	31	1321	61	1340	91	1326	121	1341
2	1351	32	0	62	1321	92	1315	122	0
3	1298	33	1336	63	1316	93	1311	123	1343
4	1338	34	1328	64	1337	94	0	124	0
5	1317	35	1326	65	0	95	1326	125	1321
6	1320	36	0	66	1335	96	1321	126	1328
7	0	37	1309	67	1321	97	1328	127	0
8	1339	38	1320	68	0	98	1307	128	1326
9	1351	39	1301	69	1320	99	1330	129	1325
10	1350	40	1336	70	1305	100	1329	140	1328
11	1335	41	1326	71	1317	101	1337	131	1308
12	0	42	0	72	0	102	1341	132	1295
13	1348	43	1328	73	1327	103	0	133	0
14	1325	44	1293	74	0	104	1336	134	0
15	0	45	0	75	1308	105	1300	135	1336
16	1305	46	0	76	1308	106	0	136	1327
17	1329	47	1347	77	1302	107	1324	137	0
18	1341	48	1357	78	0	108	1337	138	1327
19	1328	49	1319	79	1348	109	1328	139	1348
20	1346	50	1321	80	1357	110	1329	140	1240
21	1321	51	1339	81	1321	111	1337	141	1337
22	1298	52	0	82	1327	112	0	142	1347
23	0	53	1328	83	0	113	1336	143	1326
24	1342	54	1321	84	1321	114	1302	144	1332
25	1303	55	0	85	1301	115	0	145	0
26	1341	56	1327	86	1291	116	1315	146	1331
27	0	57	1330	87	1335	117	1326	147	0
28	1305	58	1321	88	1325	118	1337	148	1328
29	1353	59	1328	89	1326	119	1339	149	1311
30	0	60	1337	90	0	120	1348	150	1326

**Anexo A. Tabla I Registro de Resistencia de Bobina Modelo 0091416100
(valores en ohms) Antes. (Continuación)**

Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.
151	1356	181	1340	211	1320	241	1321	271	0
152	1350	182	1321	212	1336	242	0	272	1335
153	0	183	1302	213	1338	243	0	273	1338
154	1321	184	1310	214	1345	244	1340	274	1329
155	1310	185	1321	215	1310	245	1332	275	1304
156	1328	186	1360	215	1327	246	1328	276	1326
157	1325	187	1346	217	1302	247	0	277	1328
158	1296	188	1320	218	1296	248	1343	278	1348
159	1321	189	1348	219	0	249	0	279	1340
160	1315	190	1305	220	1321	250	1325	280	0
161	1328	191	1331	221	1335	251	0	281	0
162	1317	192	0	222	0	252	1306	282	1341
163	1310	193	1321	223	0	253	0	283	1338
164	0	194	1340	224	1327	254	1328	284	1339
165	1327	195	1352	225	1321	255	1322	285	1329
166	1320	196	0	226	1300	256	1320	286	1331
167	1326	197	1320	227	1325	257	0	287	0
168	0	198	0	228	1336	258	0	288	1330
169	1231	199	1310	229	1327	259	1338	289	1336
170	1330	200	1318	230	1326	260	0	290	1309
171	1321	201	1316	231	1341	261	1331	291	1317
172	0	202	0	232	1346	262	1348	292	1320
173	1346	203	1335	233	1358	263	1327	293	1327
174	1345	204	1326	234	1351	264	0	294	1339
175	0	205	1308	235	1326	265	1326	295	0
176	1340	206	1310	236	0	266	1331	296	1305
177	1331	207	1301	237	1326	267	1312	297	1301
178	1328	208	1326	238	1327	268	1317	298	1318
179	1332	209	0	239	1338	269	1321	299	1307
180	1347	210	1321	240	1309	270	0	300	1336

**Anexo B. Tabla II Registro de Resistencia de Bobina Modelo 0091416100
(valores en ohms) Después.**

Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.
1	1316	31	1321	61	1320	91	1340	121	1356
2	1335	32	1335	62	1336	92	1341	122	1350
3	1338	33	1308	63	1338	93	1327	123	1341
4	1307	34	1340	64	1345	94	1310	124	1321
5	1304	35	1332	65	1328	95	1321	125	1345
6	1326	36	1328	66	1327	96	1325	126	1350
7	1328	37	1307	67	1302	97	1346	127	1325
8	1295	38	1343	68	1296	98	1320	128	1296
9	1340	39	1347	69	1328	99	1348	129	1321
10	1327	40	1325	70	1321	100	1330	140	1315
11	1345	41	1340	71	1335	101	1331	131	1308
12	1341	42	1306	72	1320	102	1327	132	1326
13	1338	43	1310	73	1309	103	1321	133	1310
14	1339	44	1328	74	1312	104	1326	134	1316
15	1307	45	1322	75	1321	105	1352	135	1327
16	1331	46	1320	76	1300	106	1348	136	1320
17	1312	47	1315	77	1325	107	1320	137	1326
18	1330	48	1346	78	1336	108	1320	138	1325
19	1348	49	1338	79	1327	109	1310	139	1331
20	1309	50	1321	80	1326	110	1318	140	1330
21	1317	51	1331	81	1306	111	1316	141	1321
22	1320	52	1331	82	1346	112	1340	142	1300
23	1327	53	1341	83	1358	113	1335	143	1346
24	1369	54	1307	84	1351	114	1345	144	1345
25	1320	55	1326	85	1317	115	1308	145	1328
26	1305	56	1331	86	1340	116	1310	146	1340
27	1301	57	1312	87	1326	117	1301	147	1331
28	1353	58	1360	88	1327	118	1326	148	1328
29	1305	59	1321	89	1338	119	1303	149	1318
30	1320	60	1328	90	1309	120	1301	150	1347

**Anexo B. Tabla II Registro de Resistencia de Bobina Modelo 0091416100
(valores en ohms) Después. (Continuación)**

Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.	Muestra #	Resist.
151	1341	181	1326	211	1340	241	1321	271	1340
152	1310	182	1315	212	1341	242	1307	272	1320
153	1343	183	1311	213	1316	243	1336	273	1320
154	1312	184	1317	214	1337	244	1328	274	1338
155	1321	185	1326	215	1360	245	1326	275	1317
156	1328	186	1310	215	1335	246	1300	276	1320
157	1301	187	1326	217	1321	247	1309	277	1332
158	1326	188	1307	218	1344	248	1320	278	1339
159	1325	189	1330	219	1320	249	1301	279	1351
160	1328	190	1329	220	1305	250	1336	280	1350
161	1308	191	1337	221	1317	251	1326	281	1335
162	1295	192	1341	222	1314	252	1313	282	1325
163	1321	193	1318	223	1327	253	1328	283	1348
164	1329	194	1336	224	1330	254	1320	284	1325
165	1336	195	1300	225	1333	255	1345	285	1340
166	1327	196	1327	226	1308	256	1327	286	1305
167	1303	197	1324	227	1302	257	1347	287	1305
168	1327	198	1340	228	1303	258	1357	288	1341
169	1348	199	1328	229	1348	259	1321	289	1328
170	1341	200	1329	230	1320	260	1321	290	1326
171	1337	201	1330	231	1321	261	1339	291	1340
172	1325	202	1326	232	1329	262	1330	292	1298
173	1321	203	1336	233	1320	263	1322	293	1316
174	1332	204	1302	234	1299	264	1321	294	1342
175	1337	205	1329	235	1301	265	1329	295	1329
176	1331	206	1315	236	1291	266	1327	296	1341
177	1326	207	1326	237	1335	267	1330	297	1308
178	1328	208	1327	238	1325	268	1321	298	1305
179	1311	209	1339	239	1326	269	1328	299	1353
180	1346	210	1348	240	1327	270	1327	300	1310