



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

TESIS

**Implementación de sistema de control de calidad en PYME de la
industria metalmecánica: Caso de Estudio**

presentada por

Ing. Carmen Margarita Hernández Meléndez

como requisito para la obtención del grado de
Maestra en Ingeniería Industrial

Director de tesis

Dr. Ricardo Daniel López García

Codirector de tesis

Dra. Adriana Mexicano Santoyo.

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Diciembre de 2024.



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Subdirección Académica
División de Estudios de Posgrado e Investigación

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

Ciudad Victoria, Tamaulipas, 06/diciembre/2024
Oficio DEPI- 316/2024

C. CARMEN MARGARITA HERNÁNDEZ MELÉNDEZ
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
NO. DE CONTROL: G-21380026
PRESENTE.

Por recomendación de su H. Comité Tutorial, se le **AUTORIZA** imprimir y reproducir digitalmente la tesis:
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN PYME DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO DE ESTUDIO, que tuvo a bien desarrollar en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de este instituto.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
"Verdad, Honestidad y Servicio"

ADRIANA MEXICANO SANTOYO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA
DEPARTAMENTO DE
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c. c. p. Expediente

AMS/embp*



Bvld. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010 Cd. Victoria, Tamaulipas Tel. (834) 153-2000, Ext. 180
e-mail: dir_cdvictoria@tecnm.mx tecnm.mx | cdvictoria.tecnm.mx



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

Ciudad Victoria, Tamaulipas, 04/diciembre/2024

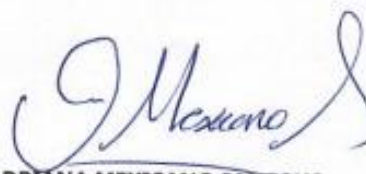
C. ADRIANA MEXICANO SANTOYO
JEFA DE LA DEPT
PRESENTE

Los miembros del Comité Tutorial de la estudiante **Carmen Margarita Hernández Meléndez** del Programa de Maestría en Ingeniería Industrial con Número de Control **G-21380026**, certificamos que después de haber sometido a revisión académica la tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN PYME DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO DE ESTUDIO"**, que fue dirigida por el **C. RICARDO DANIEL LÓPEZ GARCÍA** y **C. ADRIANA MEXICANO SANTOYO**, acordamos la **ACEPTACIÓN** del documento para obtener el grado de **"MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL"**, dado que cumple con los criterios expresados en los lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México.

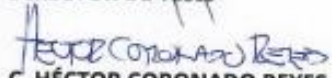
ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Verdad, Honestidad y Servicio"



C. RICARDO DANIEL LÓPEZ GARCÍA
DIRECTOR DE TESIS



C. ADRIANA MEXICANO SANTOYO
CODIRECTORA DE TESIS



C. HÉCTOR CORONADO REYES
TUTOR

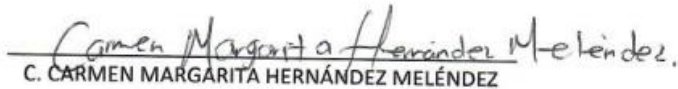
c. c. p. Expediente



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En Ciudad Victoria, Tamaulipas, a los 04 días del mes de diciembre de 2024, la que suscribe, C. **CARMEN MARGARITA HERNÁNDEZ MELÉNDEZ**, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, con número de control **G-21380026**, manifiesto que soy autora intelectual de la presente tesis, la cual fue dirigida por el **C. Ricardo Daniel López García** y cedo íntegramente los derechos del trabajo de tesis titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN PYME DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO DE ESTUDIO"** al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria para su uso con fines académicos y de investigación.

Los usuarios pueden consultar y reproducir el contenido para todos los usos que tengan finalidad académica siempre y cuando sea citada la fuente de información.


C. CARMEN MARGARITA HERNÁNDEZ MELÉNDEZ



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

En Cd. Victoria, Tamaulipas, a 4 de Diciembre de 2024, el (la) que suscribe, Carmen Margarita Hernández Meléndez, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, con número de control G-21380026. Como autor de la tesis titulada "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN PYME DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO DE ESTUDIO", la cual fue dirigida por el Doctor Ricardo Daniel López García y la Doctora Adriana Mexicano Santoyo.

Declaro que la tesis es una obra original, que es de mi autoría y que toda la información y materiales extraídos de otras fuentes han sido debidamente referenciados. Que la obra no ha sido previamente publicada y que, en caso de violación de derechos de autor, me hago responsable y exonero de toda responsabilidad al Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Atentamente

Carmen Margarita Hernández Meléndez

Carmen Margarita Hernández Meléndez

ccp. Archivo



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

A QUIEN CORRESPONDA

La que suscribe, Flora Alicia González Jiménez, Coordinadora del programa de Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, hace constar que la tesis titulada **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD EN PYME DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA: CASO DE ESTUDIO"** fue desarrollada por la estudiante **CARMEN MARGARITA HERNÁNDEZ MELÉNDEZ**, con número de control **G-21380026**, bajo la dirección de **C. Ricardo Daniel López García** y codirección de **C. Adriana Mexicano Santoyo**, fue evaluada con el software Turnitin y se encontró que presenta una semejanza del 13 % respecto a contenidos publicados en internet.

Por tal motivo, se extiende la presente CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD en Ciudad Victoria, Tamaulipas, a los cinco días del mes de diciembre de dos mil veinticuatro.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
"Verdad, Honestidad y Servicio"



Flora Alicia González Jiménez
Coordinadora de Maestría en Ingeniería Industrial

c. c. p. Archivo Coordinación.
c. c. p. Expediente.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y las oportunidades que me permitieron recorrer este camino. Por guiarme en los momentos de incertidumbre y darme la fe necesaria para superar los desafíos. Al universo, por alinear cada circunstancia y poner en mi camino a las personas correctas en los momentos adecuados.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo y sacrificio han sido la base sobre la cual he construido cada uno de mis logros y por darme la oportunidad de perseguir mis sueños.

Agradezco profundamente a mi director de tesis, Dr. Ricardo Daniel Lopez García, por su orientación, paciencia y sabios consejos. Su experiencia, su tiempo y por sus valiosas aportaciones que enriquecieron mi investigación. Su compromiso con mi desarrollo académico ha sido esencial para culminar esta etapa.

A la Dra. Adriana Mexicano Santoyo mi más sincero agradecimiento por su invaluable aporte y apoyo en este proyecto. Su dedicación y pasión por la ingeniería no sólo han dejado una huella imborrable en este trabajo, sino también en mi formación profesional. Además, su labor incansable y su dedicación han puesto en alto el nombre de las mujeres en la ciencia y la ingeniería, inspirando a futuras generaciones a seguir su ejemplo. Es un honor haber contado con su guía en este proceso.

Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

DEDICATORIA

A mi querido abuelo, Simón Hernández Carrizales cuya sabiduría, bondad y ejemplo de vida han sido una fuente constante de inspiración para mí.

Tu fortaleza, trabajo duro y amor incondicional me han acompañado en cada paso de este camino. Esta tesis es un reflejo del esfuerzo y los valores que me inculcaste. Gracias por mostrarme siempre el valor de la dedicación y por ser mi mayor modelo para seguir.

A mi madre, Josefina Meléndez por ser mi guía, mi fuerza y mi ejemplo a seguir. Tus palabras de aliento y tu amor incondicional han sido el motor que me ha impulsado a lo largo de este camino. Este logro es tanto tuyo como mío, porque sin tu apoyo y sacrificio, no habría sido posible. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad. Todo lo que soy, te lo debo a ti.

A mi padre Alfredo Hernández gracias por enseñarme, con tu vida, el valor del esfuerzo y la importancia de nunca rendirse. Tu apoyo, tus consejos y tu fe en mí han sido la base de cada paso que he dado para llegar hasta aquí, porque siempre me has motivado a soñar en grande y a luchar por lo que creo.

A mi querida hermana, Diana Marisol Hernández Meléndez, mi cómplice y mi mejor amiga, gracias por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles y en los de alegría. A mi hermana Paola Hernández, que inicia su proyecto como investigadora, estoy segura de que llegarás muy lejos en tus proyectos, y que tus logros serán tan grandes como tu pasión por el conocimiento.

A ti, mi compañero de vida, por ser mi apoyo incondicional en este viaje y tu paciencia infinita.

Este logro es tan suyo como mío.

Con todo mi amor y gratitud, Carmen.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.5 ALCANCES	20
1.6 LIMITACIONES.....	20
Capítulo II. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 Marco conceptual.....	22
2.2 Definición de calidad y su importancia en las organizaciones	24
2.3 Evolución histórica de la gestión de calidad: principales teorías y enfoques de calidad.....	25
2.4 Control de calidad y sistemas de gestión de calidad	29
2.5 PyMES en la economía nacional.....	30
2. 6 Desafíos que enfrentan las pymes en la gestión de calidad	32
2. 7 Otros modelos y enfoques relevantes para PyMES.....	33
2. 8 Importancia de la capacitación y desarrollo del personal	34
2. 9 La formación y concienciación del personal en la gestión de calidad.....	36
2. 10 Evaluación de la efectividad del sistema de control de calidad en PyMES e indicadores clave de rendimiento.....	37
2. 11 <i>Six sigma</i>	41
2. 12 Herramientas de control de calidad.....	44
2.12.1 Diagrama de Pareto.....	44
2.12.2 Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto)	45

2.12.3 Diagrama de Flujo	45
2.12.4 Histograma.....	47
2.12.5 Hoja de Verificación	48
2.12.6 Gráficos de Control	49
2.12.7 Análisis de correlación	51
2.13 Muestreo Estadístico	54
2.13.1 AQL.....	55
2.14 Análisis de capacidad del proceso.....	56
2.15 5 por qué	58
2.16 5'S.....	58
2.17 Análisis del sistema de medición	60
Capítulo III. ESTADO DEL ARTE	63
3.1 Calidad como estrategia para la competitividad empresarial	63
3.2 Gestión de procesos y control de calidad: Claves para la rentabilidad empresarial	64
3.3 De la variabilidad al éxito: El impacto de Six Sigma en el control de calidad	64
3.4 Innovación y rentabilidad con DMAIC: Historias de éxito en la industria.....	64
3.5 Impacto de la calidad en el servicio en la lealtad y satisfacción del cliente .	66
3.6 Adaptación de DMAIC en PyMES: Desafíos y beneficios	66
Capítulo IV. METODOLOGÍA	69
4.1 Definir el problema: El primer paso hacia la mejora continua	70
4.2 Medir: Evaluar el rendimiento actual e identificando oportunidades.....	71
4.3 Analizar: Del dato al conocimiento.....	73
4.4 Implementar: De los problemas a las soluciones, diseñando el cambio	75
4.5 Controlar el proceso: Sosteniendo las mejoras en el tiempo	76

Capítulo V. RESULTADOS	79
5.1 Definir.....	79
5.2 Medir.....	91
5.3 Analizar	92
5.4 Implementar	94
5.5 Control	108
5.5.1 Quejas de cliente	108
5.5.2 Aceptación interna de partes fabricadas	109
5.5.3 Porcentaje de material de desperdicio	110
5.5.4 Costo mensual de material desperdiciado.....	111
5.5.5 Porcentaje de material re trabajado por problemas de calidad	111
5.5.6 Costo mensual de material re trabajado por problemas de calidad	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de las herramientas de calidad utilizadas en cada fase de la metodología DMAIC.	69
Figura 2 Pareto modos de fallas quejas de cliente Junio-Nov 2021.	80
Figura 3 Diagrama de flujo de procesos de la empresa de maquinados industriales.	80
Figura 4 Sección de procedimiento de inspección de documento de control de calidad.	81
Figura 5 Figuras y anexos de documento de control de calidad.	82
Figura 6. Extracto de catálogo de defectos físicos para el criterio de inspección física.	83
Figura 7. Certificado de calibración emitido por un proveedor de un equipo de medición.	84
Figura 8. Resultado de MSA de variables realizado a un equipo comparador dimensional.	86
Figura 9 Resultado de estudio general MSA.	88
Figura 10. Extracto de procedimiento de muestreo de lotes en el área de control de calidad.	89
Figura 11. Defecto físico no aceptable en la inspección física de control de calidad.	90
Figura 12. Validación dimensional en área de control de calidad.	90
Figura 13. Reporte de inspección del área de control de calidad.	91
Figura 14. Diagrama de causa y efecto para fallas fuera especificación.	92
Figura 15. Extracto de procedimiento de operación de cortadora láser.	95
Figura 16. Extracto de procedimiento de programación de cortadora láser.	96
Figura 17. Sección de historial de cambios documental en procedimiento de cortadora láser.	97

Figura 18. Formato de auditoría de 5S para sección Clasificar.	98
Figura 19. Resumen de auditoría de 5S.	98
Figura 20. Auditoría de 5S.	99
Figura 21. Extracto de procedimiento de mantenimiento a equipo de corte.	103
Figura 22. Gráfica de quejas de clientes mensuales en el periodo de Jun 2021 a diciembre de 2022.	109
Figura 23. Gráfica de porcentaje mensual de aceptación de partes fabricadas..	110
Figura 24. Gráfica de porcentaje mensual desperdiciado.	110
Figura 25. Gráfica de costo mensual de desperdicio.....	111
Figura 26. Gráfica de porcentaje mensual de piezas retrabajadas.	112
Figura 27. Gráfica de porcentaje mensual de aceptación de partes fabricadas..	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Acciones de mejora a implementar en procesos productivos de la empresa manufacturera de maquinados industriales.....	93
--	----

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

El control de calidad es un aspecto esencial en cualquier industria que busca ofrecer productos o servicios de alta calidad y satisfacer las expectativas de los clientes. Se define como el proceso utilizado para cumplir con los mínimos estándares de manera consistente, Orellana (2020), quien a su vez resalta entre sus principales beneficios; la evaluación de acciones proporcionadas para eliminar fallas, y el monitoreo de la efectividad de los sistemas implementados, activando así el ciclo de la mejora continua en aquellas áreas o procesos que lo requieran. Este enfoque sistemático proporciona una estructura que permite evaluar y garantizar que los resultados obtenidos cumplan con los criterios predefinidos. En este sentido, la calidad se ha convertido en un factor clave para la competitividad de las organizaciones en un mercado globalizado y altamente exigente.

Por lo tanto, una gestión eficiente de la calidad es esencial para asegurar el éxito y la sostenibilidad de las empresas en un entorno empresarial en constante evolución, Martínez (2018), además de incrementar la competitividad, una adecuada gestión de la calidad trae consigo beneficios como la diferenciación, la fidelización de los clientes, la maximización de beneficios, la reducción de costes y la mejora del clima laboral. Por su parte, Moosa y Sajid (2010) detallan que, mediante la observación del desempeño actual y su comparación con los estándares establecidos, se pueden tomar medidas correctivas si el desempeño observado se desvía significativamente de esos estándares.

A medida que la importancia de la calidad en los productos y servicios se hace más evidente, las organizaciones de todos los tamaños, incluyendo las pequeñas y medianas empresas (PyMES), estas buscan implementar sistemas de control de calidad para mejorar sus operaciones y la satisfacción del cliente. Las PyMES, representan un pilar fundamental en la economía global de un país, contribuyen significativamente al desarrollo económico, la generación de empleo y la innovación, sin embargo, a menudo se enfrentan a desafíos particulares, entre ellos, la gestión eficaz de la calidad en sus procesos y productos, Martínez y col., (2018). El control de calidad dentro de las PyMES

es un aspecto crítico que influye directamente en su competitividad, sostenibilidad, y capacidad para satisfacer las demandas del mercado. A pesar de su importancia, implementar y mantener prácticas efectivas de control de calidad en este contexto puede ser un desafío considerable, dada la limitación de recursos, el tamaño reducido de la organización y la necesidad de adaptarse rápidamente a entornos cambiantes.

El presente trabajo de investigación explora y analiza el control de calidad en el entorno de las PyMES, en específico dentro de una empresa de manufactura. El objetivo principal es comprender cómo estas empresas enfrentan, adoptan y adaptan estrategias de control de calidad para mejorar sus procesos, productos y servicios, buscando alcanzar estándares de calidad competitivos con empresas transnacionales, así como proporcionar una visión comprensiva y perspicaz que sirva de guía para este tipo de empresas, ofreciendo recomendaciones prácticas y soluciones viables para establecer o mejorar su control de calidad. Además, se pretende contribuir al crecimiento y desarrollo de estas organizaciones, destacando la importancia de la calidad en su funcionamiento y su impacto en el éxito empresarial, ofreciendo información práctica para impulsar el éxito de las PyMES a través de la mejora continua.

Este estudio se fundamenta en la premisa de que el control de calidad no sólo implica cumplir con estándares predefinidos, sino, incluir también un enfoque integral que englobe la cultura organizacional, la gestión de recursos, la capacitación del personal, la optimización de procesos y la satisfacción del cliente.

El presente trabajo está organizado en cinco capítulos, cada uno aborda aspectos específicos relacionados con el control de calidad en el contexto de la pyme analizada. El primer capítulo contextualiza el tema y su problemática, justificando la importancia del estudio y se esboza la estructura general de la tesis. En el segundo capítulo se proporciona el contexto teórico, conceptual y metodológico necesario para comprender la investigación sobre la cual se construye el estudio. El tercer capítulo se centra en los casos de estudio, las herramientas, técnicas, y las implicaciones prácticas; se centra en revisar y analizar críticamente la literatura académica y las investigaciones previas

relacionadas con el tema de estudio. El cuarto capítulo es la metodología y describe cómo se llevará a cabo la investigación sobre los métodos y procedimientos que se utilizaron para recopilar y analizar datos. Finalmente, se presentan los resultados que detallan las principales fuentes de variación que se encontraron para el modo de falla de estudio, así como el sumario de acciones implementadas para contrarrestarlos y los beneficios obtenidos, además de la conclusión la cual resume los hallazgos clave y ofrece recomendaciones para futuras investigaciones.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa caso de estudio es una compañía de reciente creación dedicada al desarrollo de tecnología, automatización y maquinados industriales de la rama metalmecánica ubicada en el estado de Tamaulipas, México. La empresa ha enfrentado en promedio 8 quejas de clientes mensuales en el periodo de junio a diciembre del 2021, resultando en varios contratos comerciales disueltos, por lo que sus directivos contemplaron la implantación de un sistema de control de calidad como alternativa para mitigar este problema. Se considera que la implementación del sistema traerá mejoras en la estrategia de mercado, la satisfacción de los clientes a través de una disminución de quejas de cliente, y la competitividad de la empresa, brindando la oportunidad de continuar creciendo hacia mercados nacionales e internacionales. Se considera también una afectación económica importante debido a que las quejas de cliente recibidas pertenecen a los clientes principales con 60% del volumen de producción anual total manufacturado para estos clientes.

La falta de un sistema de control de calidad en una organización o industria es un problema significativo que afecta la calidad de los productos o servicios y la competitividad de la empresa en el mercado, Calderón y Ferraro (2013). Esta deficiencia se manifiesta a través de una serie de problemas y desafíos que impactan negativamente en múltiples áreas. La ausencia de control de calidad conlleva a la generación de defectos y errores en los productos o servicios, lo que resulta en costosos retrabajos, devoluciones de productos y gastos adicionales relacionados con la corrección de problemas; en el sentido financiero, la calidad en el servicio impacta directamente las finanzas de la organización, debido a esto, el cálculo del costo de la calidad es fundamental para mantener el control de los recursos (Gómez, 2013). La insatisfacción de los clientes debido a productos o servicios de baja calidad generalmente ocasiona la pérdida de clientes leales y el deterioro del prestigio de la organización; en un mercado globalizado, la falta de calidad ocasiona que la organización sea menos competitiva en comparación con organizaciones que han implementado sistemas de control de calidad efectivos.

En industrias reguladas, la ausencia de un sistema de control de calidad sólido puede dar lugar a infracciones regulatorias y sanciones, lo que afecta la reputación y la viabilidad legal de la empresa. Sin un sistema de control de calidad, la organización carece de la estructura necesaria para recopilar datos, realizar análisis y tomar medidas para mejorar continuamente sus procesos y productos, a su vez la falta de datos confiables y procesos dificulta la toma de decisiones informadas y estratégicas en la organización, Lima y Colmenarez (2014). Por lo tanto, es esencial implementar sistemas de control de calidad efectivos que detecten y prevengan problemas en todas las etapas del proceso de producción o prestación de servicios.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un sistema de control de calidad con fundamento en la norma ISO 9001:2015 y con la ayuda de la herramienta DMAIC, que contribuya al cumplimiento de las especificaciones de los clientes, para cumplir los objetivos organizacionales, tales como: reducción de costos, mejora de la productividad y la satisfacción del cliente.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa para identificar las deficiencias del sistema de control de calidad.
- Determinar los objetivos de calidad en concordancia con las políticas internas de calidad de la organización, incluyendo métricos internos y externos de cumplimiento.
- Desarrollar políticas, procedimientos, capacitación y cultura organizacional para mejorar el sistema de control de calidad.
- Medir la efectividad del sistema de control de calidad en términos de su capacidad para prevenir defectos, garantizar la conformidad con estándares y normativas, y satisfacer las expectativas del cliente.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En los meses del periodo de enero a junio de 2021 la empresa recibió en promedio 8 quejas mensuales de clientes con mayor demanda de producto, lo que pone en riesgo la continuidad de los negocios que se tiene con ellos, así como poder concretar proyectos futuros.

Este estudio se enfoca en desarrollar e implementar un sistema de control de calidad, buscando impactar positivamente en el cumplimiento de requerimientos al cliente, y disminución de quejas externas, buscando como consecuencia de lo anterior, una disminución de desperdicios de material y maquinaria por retrabajos, impactando en un ahorro de costos.

1.5 ALCANCES

El alcance del presente estudio se orienta al análisis de la situación actual de la empresa, para establecer un sistema de control de calidad, que abarca la sección de capacitación, desarrollo de procedimientos, control de calidad y de mantenimiento preventivo el cual permita establecer mejora continua en la organización.

1.6 LIMITACIONES

El presente estudio se enfrenta a diversas limitaciones que es importante reconocer para contextualizar adecuadamente los resultados obtenidos. En primer lugar, es crucial considerar las limitaciones de recursos que podrían afectar la amplitud de la investigación, entre estas limitaciones se incluyen restricciones de personal; una limitante será la forma organizacional actual de la empresa, y el número de personas activas, debido a que es complejo contratar o designar colaboradores para la implementación exclusiva del proyecto, lo que a su vez dará restricciones de tiempo dedicado del personal para la implementación del proyecto. Por otro lado, se cuentan con restricciones

presupuestarias; al ser una empresa de carácter pyme no puede invertir grandes cantidades de recursos, así como la restricción de datos o información; debido al acceso limitado a datos específicos e históricos de la empresa para llevar a cabo el estudio de manera más completa. Específicamente se destaca la carencia de métricas internas de medición y la ausencia de información histórica relacionada con los procesos y la trazabilidad de las mediciones, lo que puede influir en la interpretación de los resultados.

Otro aspecto importante para considerar son las limitaciones metodológicas que pueden afectar la validez y confiabilidad de la investigación; estas limitaciones pueden incluir el tamaño de la muestra, la adaptación de herramientas de investigación, o la disponibilidad de herramientas de medición específicas. Asimismo, se reconoce la existencia de limitaciones de experticia en el equipo multidisciplinario involucrado en el proyecto, al ser un equipo de trabajo joven y sin experiencias previas desarrollando este tipo de proyectos, que puede influir en la interpretación de los resultados y en la toma de decisiones.

Finalmente, se debe considerar la limitación de extrapolar los resultados del estudio a otras poblaciones, industrias o contextos, es por ello, que se vuelve fundamental ser consciente de estas limitaciones al interpretar y aplicar los hallazgos del estudio en diferentes situaciones.

Capítulo II. MARCO REFERENCIAL

Este capítulo sirve como punto de partida conceptual para la investigación, desentrañando los fundamentos teóricos que subyacen en los pilares centrales de estudio.

2.1 Marco conceptual

Pyme: Este término se utiliza para referirse a empresas que tienen un tamaño moderado en términos de empleados, ingresos anuales o activos totales, (Cardozo y col., 2012).

Calidad: La calidad implica la excelencia, la conformidad con estándares, la satisfacción del cliente y la búsqueda constante de mejoras (Fernández, 2004).

DMAIC: es una metodología estructurada que guía a los equipos de mejora continua a través de un proceso lógico y secuencial. Se utiliza para abordar problemas específicos, optimizar procesos y garantizar la calidad en diversas industrias (Hernández y col., 2021).

Six Sigma: es una metodología de mejora continua que se centra en la reducción de la variabilidad en los procesos para mejorar la calidad y eficiencia, busca minimizar los defectos y errores en los productos o servicios, así como optimizar la eficiencia de los procesos (Barrera y col., 2017).

Herramientas de calidad: Las herramientas de calidad son métodos y técnicas específicas utilizadas en el ámbito de la gestión de calidad para analizar, medir, controlar y mejorar los procesos y productos dentro de una organización. Estas herramientas están diseñadas para proporcionar a los equipos de trabajo en calidad y mejora continua los medios necesarios para comprender, diagnosticar y solucionar problemas, así como para optimizar la eficiencia y la efectividad de los procesos (Goetsch y Davis, 1997).

Quejas de cliente: Expresiones o acciones de insatisfacción de personas que un individuo realiza para manifestar su descontento con respecto a un producto o servicio ofrecido por una empresa u otra entidad (Abney y col. 2017).

Control de calidad: El control de calidad es un proceso integral que tiene como objetivo garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares establecidos y satisfagan las expectativas del cliente (De Bertrand y Prabhakar, 1990).

Especificación de cliente: Conjunto de requisitos detallados que debe cumplir un producto o servicio, indicaciones precisas de lo que los clientes esperan en términos de características, funcionalidades, calidad y otros atributos relacionados con el producto o servicio que están adquiriendo (Sommerville, 2005).

Mejora continua: es un concepto y enfoque que implica constantes esfuerzos para mejorar los productos, procesos o servicios de una organización, se basa en la idea de que siempre hay oportunidades para hacer las cosas mejor, y busca incrementar la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente de manera continua a lo largo del tiempo (Domínguez y Yarto, 2007).

Auditoría: es un proceso sistemático y formalizado de revisión, examen y evaluación de actividades, sistemas, procesos o cuentas para verificar su conformidad con ciertos estándares, normativas o criterios predefinidos (Méndez y col., 2006).

6M: es una abreviatura utilizada para referirse a seis factores que pueden afectar a cualquier problema o situación. Estos factores son: material (los recursos físicos necesarios para abordar el problema), mano de obra: (personal necesario para llevar a cabo la tarea), método (proceso o procedimiento utilizado para resolver el problema), máquina (equipo o tecnología necesaria para la solución), medio ambiente (entorno en el que se lleva a cabo la tarea o problema) y medición (cómo se evalúa), son considerados importantes para analizar un problema y desarrollar una estrategia efectiva para resolverlo (Luca, 2016).

2.2 Definición de calidad y su importancia en las organizaciones

El éxito y la permanencia de una empresa en un mercado competitivo depende de factores como la salud financiera, innovación y adaptación a las nuevas tecnologías, persecución de objetivos y la satisfacción de los clientes, los cuales pueden lograrse enfocando los esfuerzos en la calidad de los productos y/o servicios que se ofrecen de acuerdo con (Laguna y Palacios, 2009).

La calidad se refiere a la medida en que un producto, servicio o proceso cumple con los estándares y especificaciones preestablecidos y evalúa su aptitud para desempeñar adecuadamente su función, abarcando un amplio concepto desde evitar la presencia de defectos hasta la eficiencia, la fiabilidad, durabilidad, viéndose reflejado en la satisfacción del cliente (Groock, 1993), en este sentido en el entorno competitivo actual, es importante para las empresas no sólo hacerse de nuevos clientes, sino también de mantenerlos mediante la satisfacción con los productos y/o servicios brindados, en este sentido Celikkol y Bakir (2022) estudiaron los factores que afectan la satisfacción de los clientes y las relaciones entre estos, mediante un estudio de prueba de hipótesis concluyeron que un alto nivel de satisfacción de los clientes incide en el nivel de lealtad de estos con la organización. Por otra parte Treviño y Treviño (2021), analizaron mediante un enfoque cuantitativo a clientes de 35 tiendas minoristas transnacionales del sector de autoservicio en la ciudad de Monterrey Nuevo León, México; a través de pruebas de hipótesis se planteó la relación de satisfacción de los clientes y la calidad en el servicio con la imagen de la tienda, considerando los precios que ofrecen; se encontró que la fidelización de los clientes depende en gran medida de la satisfacción de sus intereses.

La calidad es de vital importancia en las organizaciones por varias razones clave, entre las que se encuentran la satisfacción del cliente, cuando los productos o servicios cumplen con altos estándares de calidad, los clientes están satisfechos, lo que a su vez puede conducir a su fidelización y recomendaciones positivas, mostrando así a la calidad como una ventaja competitiva; las organizaciones que ofrecen productos o servicios de alta calidad tienden a destacar en el mercado, (Hitt y col., 2004), lo que les permite ganar

una posición más fuerte a la competencia.

La implementación de rigurosos estándares de calidad conlleva varios beneficios destacados, según García y Pelayo (2008); estos incluyen la identificación y eliminación de procesos ineficientes, lo que conduce a la satisfacción de los clientes y a una mejora considerable en la eficiencia operativa. Este incremento en eficiencia resulta en una mayor productividad, generando ahorros significativos a largo plazo, además la adopción de enfoques proactivos para prevenir defectos, junto con la minimización de retrabajos y devoluciones, se traduce directamente en la reducción de costos y la optimización de recursos.

En diversos sectores, el cumplimiento de estándares y regulaciones de calidad es imperativo, la falta de estos no sólo puede acarrear sanciones legales, sino también provocar una pérdida significativa de reputación en el mercado, la excelencia en la calidad desempeña un papel fundamental en la formación de una imagen positiva y en el prestigio de la organización; una reputación favorable genera atracción hacia clientes y colaboradores comerciales.

La calidad, al ser mensurable a través de datos y métricas, proporciona a las organizaciones la capacidad de tomar decisiones basadas en información concreta, permitiendo así mejoras continuas en sus procesos y productos, además, la búsqueda constante de la calidad a menudo actúa como un impulsor para la innovación, ya que las organizaciones comprometidas con la mejora están abiertas a la exploración de nuevas ideas y enfoques.

2.3 Evolución histórica de la gestión de calidad: principales teorías y enfoques de calidad

La evolución histórica de la gestión de calidad ha sido un proceso dinámico y continuo que ha experimentado cambios significativos a lo largo del tiempo, desde sus primeros indicios hasta su desarrollo actual, la gestión de calidad ha evolucionado en respuesta a las demandas cambiantes de la sociedad, las organizaciones y los mercados, las

principales etapas detalladas por Cubillos y Rozo (2009) son las siguientes:

- Artesanos y gremios (Siglos XIII-XVIII): En la edad media y la era preindustrial, la calidad estaba en manos de artesanos y gremios, estos maestros artesanos tenían un control estricto sobre la calidad de sus productos y transmitían sus conocimientos a aprendices y trabajadores de acuerdo con (Fuentes y Álvarez, 1998) y la calidad estaba vinculada a la habilidad del artesano como detalla (Penacho, 2000).
- Revolución Industrial (Siglo XVIII-XIX): Con la Revolución Industrial, la producción masiva introdujo el surgimiento de nuevos desafíos en términos de calidad, en este contexto, la inspección se consolidó como un método habitual para identificar productos defectuosos antes de su entrega al cliente, según señala (Garvin, 1988). Este enfoque, denominado "inspección de calidad", adoptaba una perspectiva reactiva, centrándose en la detección y eliminación de productos defectuosos como respuesta a los problemas surgidos durante la producción, sin embargo, con el tiempo se hizo evidente que este enfoque era limitado y no abordaba las causas subyacentes de los problemas de calidad, esta percepción llevó al desarrollo de enfoques más holísticos y proactivos.
- Control Estadístico de Procesos: Walter Shewhart, un estadístico de *Bell Telephone Laboratories* y considerando el precursor de la gestión de calidad moderna, desarrolló el concepto de control estadístico de procesos, este método utilizaba técnicas estadísticas para monitorear y controlar la variabilidad de los procesos de producción el cual permitió una mejora continua de la calidad como lo detalla (Montgomery, 2004).
- Enfoque de calidad de posguerra: Después de la segunda guerra mundial, Japón adoptó métodos estadounidenses, como el CEP, para mejorar la calidad de sus productos; posteriormente, se desarrollaron enfoques japoneses únicos, como el sistema Toyota de producción, que, de acuerdo con Toledano y col., (2009) enfatizaba la reducción de desperdicios y la calidad en cada etapa del proceso.

- TQM gestión de calidad total (Década de 1950-1960): La gestión de calidad total (*Total Quality Management*) emergió como un enfoque integral que involucraba a todos los niveles de una organización en la mejora continua de la calidad, gurús de la calidad como Deming y Juran promovieron principios y técnicas para implementar TQM, los fundamentos de este se encuentran en la aplicación de la teoría, pensamiento y métodos estadísticos como menciona Benzaquen, (2013). William Edwards Deming, reconocido por su énfasis en la mejora continua y el Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), abogaba por la gestión estadística de procesos, la reducción de la variabilidad y la toma de decisiones basada en datos; por otro lado, Joseph M. Juran, otro influyente en la gestión de calidad, centraba sus principios en la planificación, el control y la mejora de la calidad e introdujo conceptos innovadores como "el costo de la calidad" y destacaba la importancia de la participación de la alta dirección en la gestión de calidad. Según Juran, (1981), la calidad se define como la aptitud para el uso, satisfaciendo las necesidades del cliente. Un enfoque adicional en este panorama es el de Crosby, (1979) quien se distingue por su concepto de "cero defectos", quien detalló que la calidad debería definirse como la conformidad con los requisitos, y argumentaba que la prevención de defectos resultaba más económica que la detección y corrección posterior.
- Normas ISO 9000 (Década de 1980): La Organización Internacional de Normalización (ISO) lanzó las Normas ISO 9000, las cuales ofrecen pautas para la implementación de sistemas de gestión de calidad. Estas normativas se han erigido como un estándar global esencial en la gestión de calidad y certificación, desempeñando también un papel crucial en la fidelización del cliente, según detallan Unterreiner y Gisbert, (2019).

Uno de los principios fundamentales de la ISO 9001 es el enfoque en el cliente, la norma enfatiza la importancia de comprender las necesidades y expectativas de los clientes y de trabajar para cumplirlas de manera consistente. Esto significa que las

organizaciones deben identificar, documentar y gestionar sus procesos de manera efectiva para alcanzar los resultados deseados y cumplir con los objetivos de calidad y los requisitos clave, que incluyen la documentación del sistema de gestión, la planificación de la calidad, el control de documentos y registros, la gestión de recursos, la medición y seguimiento del desempeño, la auditoría interna y la mejora continua, las organizaciones pueden buscar la certificación ISO 9001 a través de auditorías independientes. En resumen, la ISO 9001 es un estándar internacional ampliamente aceptado que proporciona una estructura sólida para la gestión de calidad en las organizaciones, ayuda a las empresas a establecer sistemas de gestión de calidad efectivos y a mejorar la satisfacción del cliente, la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado.

- Seis Sigma (Década de 1980-1990): Motorola y General Electric popularizaron la metodología *Six Sigma*, de acuerdo con Prahushankar y col, (2008) busca reducir la variabilidad y mejorar la calidad mediante la definición, medición, análisis, mejora y control de procesos.
- Lean Manufacturing (Década de 1990): Basado en los principios del Sistema Toyota de Producción, el *Lean Manufacturing* se enfoca en eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia en los procesos de producción, lo que lleva a una mejor calidad.
- Gestión de calidad en la era digital (Siglo XXI): La calidad se ha vuelto aún más crucial en la era digital, con la proliferación de la tecnología y la globalización, ahora incluye la gestión de datos, ciberseguridad y la adaptación a entornos empresariales cada vez más complejos.

Estos son sólo algunas de las teorías y enfoques de calidad que han influido en la gestión de calidad a lo largo de la historia, muchas organizaciones combinan elementos de varias de estas teorías y enfoques para adaptarse a sus necesidades específicas y lograr una gestión de calidad efectiva.

2.4 Control de calidad y sistemas de gestión de calidad

Novillo y col. (2017) definen al control de calidad, como las prácticas y procesos implementados por una empresa para asegurar que sus productos o servicios cumplan con los estándares establecidos y satisfagan las expectativas del cliente, implica la supervisión sistemática de todas las fases de producción, desde la materia prima hasta el producto final, con el objetivo de detectar y corregir posibles defectos o irregularidades

El control de calidad abarca varios aspectos esenciales para asegurar la excelencia en productos o servicios, la sistematización es clave, implicando la implementación de sistemas y procesos estructurados para evaluar de manera continua y consistente lo que se produce; además, se adopta un enfoque preventivo, dirigido no sólo a la detección de defectos después de la producción, sino también a la prevención de problemas desde las etapas iniciales, reduciendo la probabilidad de errores.

La participación de todos los niveles y departamentos de la organización es un principio fundamental del control de calidad, desde el personal en la línea de producción hasta la alta dirección, cada miembro de la empresa contribuye al mantenimiento de estándares de calidad, y se deben definir claramente las responsabilidades y roles de los empleados en relación con el sistema, quienes mediante el uso de herramientas específicas, como gráficos de control, análisis estadístico y muestreo, se convierte en práctica común para evaluar la consistencia y conformidad de los productos o servicios.

El control de calidad se caracteriza por un ciclo de retroalimentación continua, donde los datos recopilados durante el proceso son analizados y utilizados para realizar mejoras constantes y su importancia en las empresas es multifacética, garantizando la satisfacción del cliente al asegurar que los productos o servicios cumplan con sus expectativas, contribuyendo a la lealtad y reputación positiva de la empresa. Además, identifica y corrige problemas en etapas tempranas, evitando costosos retrabajos y optimizando la eficiencia operativa.

La etapa de planificación implica la planificación estratégica de cómo se cumplirán los objetivos de calidad, esto incluye la identificación de procesos críticos, la asignación de recursos y la determinación de indicadores clave de rendimiento (*KPI*) para medir el progreso.

Asimismo, asegura el cumplimiento de estándares de calidad, reglamentaciones y normativas, y contribuye a la reducción de costos al prevenir defectos desde el inicio, evitando gastos asociados con devoluciones, garantías y pérdida de clientes. En conclusión, el control de calidad mejora la competitividad de las empresas, ya que aquellas que mantienen altos estándares ofrecen productos confiables y consistentes en el mercado. Una de las herramientas que sirven para asegurar la permanencia del sistema de control de calidad es la documentación y estandarización de los procesos y procedimientos que afectan la calidad, esto garantiza que todos los empleados conozcan cómo realizar sus tareas de manera consistente y de acuerdo con los estándares de calidad, además llevar el control adecuado de esta documentación garantiza que se encuentren disponibles, sean actuales y se utilicen adecuadamente, esto mediante la planificación adecuada de elaboración de procedimientos operativos estándar (POE) para poder realizar el entrenamiento pertinente para cada área de trabajo.

La clave para el éxito en el control de calidad en empresas de menor tamaño es la consistencia y la mejora continua, estas técnicas pueden ser adaptadas a la situación específica y a los recursos disponibles para garantizar que los productos o servicios cumplen con los estándares de calidad y satisfagan las expectativas de los clientes.

2.5 PyMES en la economía nacional

Las pequeñas y medianas empresas (PyMES) desempeñan un papel crítico en la economía de la mayoría de los países (Kauffman, 2000), estas organizaciones están caracterizadas por ser las mayores generadoras de puestos de trabajo a nivel local y regional, contribuyendo significativamente a la reducción del desempleo por lo que en conjunto, las PyMES aportan una parte sustancial del PIB de un país (Álvarez, 2009), aunque cada pyme individualmente puede tener ingresos modestos, su gran número

suma una contribución significativa a la actividad económica total, lo que contribuye al desarrollo económico y social de las áreas en donde se establecieron y reduce la migración hacia las ciudades.

Las pequeñas y medianas empresas (PyMES) son empresas que se caracterizan por tener un tamaño y alcance operativo relativamente menor en comparación con las grandes corporaciones, la definición exacta de lo que constituye una pyme puede variar según el país y la industria, pero generalmente se basa en criterios como el número de empleados, los ingresos anuales y el valor de los activos, en muchos casos, se utiliza una combinación de estos factores para clasificar a una empresa como pyme, de acuerdo con los censos de INEGI, (2019) se clasifican de la siguiente manera:

- Microempresas (0 – 10 empleados).
- Pequeñas (11 – 50 empleados).
- Medianas (51 – 250 empleados).
- Grandes (251 y más empleados).

Entre las principales ventajas de este tipo de organizaciones se encuentra su agilidad en la adopción de nuevas tecnologías y en la innovación de productos y servicios, su tamaño más pequeño les permite adaptarse más rápidamente a las cambiantes demandas del mercado, debido a esta flexibilidad a menudo pueden sobrevivir mejor a las crisis económicas y ajustarse a condiciones económicas adversas de manera más efectiva que las grandes corporaciones.

La presencia de PyMES en una amplia variedad de industrias y sectores económicos contribuye a la diversificación económica de un país, reduciendo su dependencia de un solo sector, y su presencia en diversos sectores económicos promueve la competencia, lo que conduce a una mayor eficiencia y calidad de productos y servicios, esto beneficia a los consumidores al ofrecerles opciones y precios más competitivos; debido a ello existe un gran número que participan en el comercio internacional, exportando productos y servicios a otros países, esto tiene como resultado el aumento de los ingresos por

exportaciones y la competitividad global del país.

En resumen, las PyMES son actores clave en la economía de cualquier país, su capacidad para generar empleo, promover la innovación, diversificar la economía y fomentar la competencia las convierte en un componente esencial para el crecimiento económico y el desarrollo sostenible.

2. 6 Desafíos que enfrentan las pymes en la gestión de calidad

Las pequeñas y medianas empresas (PyMES) a menudo enfrentan desafíos específicos en la gestión de calidad debido a sus recursos limitados, ya que tienen presupuestos más ajustados que las grandes empresas, lo que dificulta la inversión en sistemas de gestión de calidad, capacitación del personal y adquisición de tecnología avanzada (Lloréns y col., 2002), por otra parte la falta de personal dedicado a la gestión de calidad y su estructura organizativa más pequeña dificulta la implementación y el mantenimiento de sistemas de calidad efectivos, así como cumplir con las normativas y regulaciones de calidad, especialmente si no tienen acceso a expertos en regulaciones específicas de su industria.

Por su parte Felizzola y Luna, (2014), estudiaron aspectos limitantes de implementación en una empresa de esta naturaleza, encontrando factores tales como la falta de sistemas de medición, falta de uso de indicadores de gestión, la falta de compromiso de la gerencia, el desarrollo de proyectos no basados en las necesidades y expectativas de los clientes y ausencia de pensamiento crítico que lleve a la mejora con soluciones idóneas a la problemática enfrentada.

El tamaño de la empresa puede influir en la complejidad de la implementación, las PyMES más pequeñas pueden tener procesos más simples, lo que facilita la implementación, mientras que las más grandes pueden enfrentar desafíos adicionales debido a la complejidad organizativa. Su capacidad para implementar rápidamente cambios y mejoras en los procesos puede ser limitada debido a su estructura organizativa más rígida, además de la resistencia al cambio en algunos empleados, especialmente si

se introducen nuevos procedimientos o tecnologías en la gestión de calidad.

En última instancia, cada pyme es única, por lo que la combinación de factores que influyen en la implementación de un sistema de control de calidad será específica de la situación de cada empresa, la identificación y el abordaje de estos factores son fundamentales para lograr una implementación exitosa.

2. 7 Otros modelos y enfoques relevantes para PyMES

Existen varios otros modelos y enfoques relevantes para pequeñas y medianas empresas (PyMES) que pueden ayudar en la gestión de calidad y en la mejora de su desempeño general, estos modelos y enfoques se adaptan a diferentes necesidades y situaciones específicas de las PyMES.

- **Modelo EFQM (*European Foundation for Quality Management*):** El Modelo EFQM es un enfoque de gestión de calidad ampliamente utilizado en Europa y se basa en el modelo de excelencia empresarial, este proporciona un marco para evaluar y mejorar el desempeño de una organización en áreas como liderazgo, estrategia, procesos y resultados, a través del involucramiento del personal en el proceso de mejora de calidad de acuerdo con lo mencionado por Van der Wiele y col., (1996), por otra parte Ritchie y Dale, (2000) destacaron como ventajas de este procedimiento, fortalecer la participación activa de los empleados, establecer un enfoque unificado para el mejoramiento, fomentar el interés y compromiso del personal hacia la calidad entre otros.
- **Modelo de Calidad Malcolm Baldrige:** Este modelo, desarrollado en Estados Unidos en 1987, se centra en la mejora de la calidad y la excelencia empresarial, proporcionando un marco para evaluar y mejorar el desempeño en áreas clave, como liderazgo, estrategia, clientes, mediciones y resultados. El modelo se centra en siete criterios clave de rendimiento que abarcan todos los aspectos de una organización. Estos criterios son: liderazgo, estrategia, enfoque al cliente, gestión del conocimiento, personal, operaciones y resultados.

- *Kaizen* (Mejora Continua): El *Kaizen* es un enfoque japonés que se centra en la mejora continua y gradual en todos los aspectos de la organización, es especialmente adecuado para PyMES debido a su enfoque práctico y a menudo se combina con otros enfoques de calidad de acuerdo con lo mencionado por Imai, (2006).
- ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental): Aunque la ISO 14001 se enfoca en la gestión ambiental, puede ser relevante para PyMES que deseen abordar la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa como parte de su estrategia de calidad.

La elección del modelo o enfoque dependerá de las necesidades y objetivos específicos de cada pyme, así como de su industria y recursos disponibles. Es importante adaptar y personalizar estos modelos para que se ajusten a la escala y la cultura organizativa de la empresa. La clave es seleccionar el enfoque que mejor se alinee con los objetivos de calidad y mejora de la pyme.

2. 8 Importancia de la capacitación y desarrollo del personal

La capacitación y el desarrollo del personal son aspectos críticos para el éxito y la sostenibilidad de cualquier organización, así como para la implantación sistemas de control o gestión de calidad como lo mencionan autores como Ishikawa, (1985) y Saderra, (1994), el proceso de capacitación se erige como una herramienta esencial para permitir a los empleados adquirir y perfeccionar habilidades técnicas y competencias profesionales.

Este fortalecimiento, habilita a los trabajadores para desempeñar sus funciones de manera efectiva y eficiente, resultando en un personal altamente productivo como lo menciona INA, (2017) de manera que a medida que los empleados incrementan su conocimiento y habilidades, la ejecución de tareas se agiliza, y la incidencia de errores disminuye significativamente, la capacitación no sólo se centra en el presente, sino que también permite a los empleados adaptarse a nuevas metodologías, tecnologías y

procesos, esenciales para mantener la competitividad en un entorno empresarial dinámico.

La capacitación permite a los empleados adquirir y mejorar sus habilidades técnicas y competencias profesionales, desempeñando sus funciones con mayor eficacia y eficiencia, de modo que un personal bien capacitado es más productivo (Velásquez, 2022), por lo tanto, proporciona a las empresas y a los trabajadores ventajas que hacen ver el costo y el tiempo como una inversión que se traduce en resultados positivos, de este modo los empleados capacitados están mejor preparados para proponer nuevas ideas y soluciones a los desafíos que enfrenta la organización.

La conexión entre capacitación y mejora de la moral y satisfacción laboral es innegable, cuando los empleados perciben que la organización invierte en su crecimiento, se traduce en un mayor compromiso y satisfacción en sus roles (Molina, 2017), este factor positivo no sólo incide en la reducción de la rotación de personal, sino que también mejora la retención de empleados talentosos, contribuyendo a la estabilidad y continuidad en la gestión, especialmente crucial para el desarrollo de líderes internos.

En industrias reguladas, la capacitación emerge como un pilar esencial para garantizar que los empleados comprendan y cumplan con las regulaciones y normativas aplicables. La calidad de los productos o servicios ofrecidos por la organización se beneficia directamente de un personal bien capacitado, contribuyendo así a la conformidad y excelencia operativa.

Aunque la capacitación puede requerir una inversión inicial, a largo plazo puede reducir los costos asociados con errores, accidentes laborales y falta de eficiencia (Aceves, 2021), de esta forma la capacitación y el desarrollo del personal son esenciales para el crecimiento y el éxito sostenible de una organización.

En conclusión, la capacitación no sólo nutre las habilidades individuales de los empleados, sino que también fortalece la columna vertebral de la organización,

promoviendo un crecimiento sostenible y una ventaja competitiva duradera.

La cultura organizacional y el liderazgo son dos aspectos fundamentales que influyen en la forma en que una empresa opera y se relaciona con sus empleados y clientes.

La cultura organizacional se refiere a las creencias, valores, normas, comportamientos y actitudes que caracterizan a una organización, es la personalidad de la empresa y define cómo se hacen las cosas en ella (Peters y Waterman, 1982). La cultura puede ser explícita o implícita y juega un papel fundamental en la forma en que los empleados interactúan entre sí y con la dirección.

2. 9 La formación y concienciación del personal en la gestión de calidad

La formación sensibiliza a los empleados sobre la importancia de la calidad en relación con la satisfacción del cliente, la competitividad y la reputación de la organización, la formación ayuda a los empleados a comprender los objetivos y metas de calidad de la organización, esto asegura que todos estén alineados con la visión de la empresa en cuanto a la calidad de los productos o servicios (Pérez, 2016).

Los empleados deben comprender los procesos y procedimientos que afectan la calidad, la formación proporciona el conocimiento necesario para desempeñar sus roles de manera efectiva. Los empleados que entienden y valoran la gestión de calidad están más comprometidos en su trabajo y más dispuestos a participar en iniciativas de mejora de la calidad de este modo se fomenta la cultura de mejora continua (Méndez, y col., 2006), donde los empleados buscan constantemente formas de optimizar los procesos y sistemas para lograr una calidad superior.

Los empleados capacitados y comprometidos están más satisfechos en sus puestos de trabajo, esto reduce la rotación de personal y ayuda a retener a los talentos valiosos.

Cuando los equipos están bien capacitados, están mejor preparados para gestionar crisis y situaciones de emergencia, pueden tomar decisiones más informadas y eficaces bajo

presión.

2. 10 Evaluación de la efectividad del sistema de control de calidad en PyMES e indicadores clave de rendimiento

La evaluación de la efectividad del sistema de control de calidad en cualquier organización es crucial para asegurarse de que el sistema esté funcionando como se pretende y para identificar áreas de mejora, (Neely y col., 1997), este se configura como un proceso de recopilación de datos que se emplea para proporcionar información valiosa y respaldar a los encargados de la toma de decisiones (Neely, 2005), usualmente son utilizados para cuantificar la eficiencia y la eficacia de las acciones (Lauras y col., 2010). Toman el nombre del, acrónimo de sus siglas en ingles *key performance indicator*, es decir, indicador clave de desempeño (Luu y col., 2008).

En el contexto de las pequeñas y medianas empresas (PyMES), la elección de métricas y *KPIs* relevantes para evaluar el sistema de control de calidad puede variar según la industria y los objetivos específicos de calidad de cada empresa. No obstante, McClure, (2001) señala algunos indicadores comunes y pertinentes que son aplicables en la mayoría de los casos.

La tasa de defectos, evalúa la proporción de productos o servicios defectuosos respecto al total producido o entregado, es un métrico útil para evaluar la calidad del producto o servicio dentro de la organización, a su vez la tasa de retrabajo, cuantifica la cantidad de material no conforme que requiere trabajo adicional necesario para corregir errores en comparación con el material conforme, un alto índice de retrabajo, indica problemas en el proceso de producción o prestación de servicios, que generan defectos. Usualmente de estas métricas también se calculan los costos de calidad, ya que hay un impacto en costo por material desperdiciado, energía y mano de obra adicional, al precio inicial calculado del producto o servicio, de esta forma la eficiencia del proceso evalúa la utilización de recursos y el tiempo empleado en la producción o prestación de servicios, de este modo el tiempo de ciclo de producción, mide el tiempo mínimo necesario para producir un producto o prestar un servicio desde el inicio hasta la entrega, por

consiguiendo un tiempo de ciclo muy largo, indica ineficiencias en el proceso destacando oportunidades de mejora para optimizarlo, dando como resultado a su vez, el métrico de cumplimiento de plazos de entrega, el cual evalúa la puntualidad en las entregas a los clientes, siendo crucial para la satisfacción del cliente y evitar pérdidas económicas por incumplimiento o penalizaciones por paros de línea de clientes.

La tasa de devoluciones de clientes registra los productos devueltos debido a problemas de calidad, proporciona una evaluación directa de la satisfacción del cliente y la calidad del producto, además la satisfacción del cliente se puede monitorear mediante encuestas y retroalimentación.

El índice de rechazo de proveedores mide la calidad de los insumos proporcionados, un alto índice afecta directamente la calidad final de los productos que se fabricaran con esa materia prima.

El índice de cumplimiento normativo mide el grado de conformidad con regulaciones y estándares de calidad específicos de la industria, mientras que por otro lado se puede evaluar el nivel de participación y formación relacionada con la calidad entre los empleados mediante el índice de formación y capacitación, de este modo toda información puede traducirse en un métrico y todo se puede medir, sin embargo es importante seleccionar métricas y *KPIs* que estén alineados con los objetivos estratégicos de calidad de la empresa y que proporcionen información útil para la toma de decisiones, (Cordero y Rodríguez, 2017); además, es fundamental medir estas métricas de forma regular y utilizar los resultados para impulsar mejoras en el sistema de control de calidad.

Una de las herramientas que se utilizan comúnmente para lograr este monitoreo son la realización de auditorías periódicas para evaluar la conformidad con los estándares de calidad establecidos, estas auditorías pueden identificar no conformidades y áreas de mejora y son esenciales de la gestión de calidad en una organización (González y Salas, 2010).

Existen distintos tipos de auditorías, se llevan a cabo en diversos contextos y con objetivos específicos, uno de lo más comunes son las auditorías internas, las cuales son revisiones sistemáticas y planificadas de los procesos y sistemas de calidad realizadas por el personal de la organización o por equipos de auditoría designados, los cuales siguen un plan de auditoría predefinido, por otro lado las auditorías externas son realizadas por entidades independientes, como organismos de certificación o terceros contratados, para evaluar el cumplimiento de la organización con estándares de calidad y regulaciones específicas, estas auditorías son comunes en industrias reguladas y pueden ser necesarias para avalar el cumplimiento o conformidad con un determinado estándar.

Un paso importante en la evaluación de efectividad del sistema de control de calidad incluye tener y ejecutar un programa revisiones de gestión periódicas para evaluar el desempeño del sistema de control de calidad, estas revisiones deben incluir a la alta dirección y a los responsables de calidad, estas reuniones incluyen la revisión de datos, resultados de auditorías, objetivos de calidad y decisiones estratégicas y sirven como una oportunidad para tomar mejoras.

Con base en los datos recopilados de los indicadores de desempeño y en las auditorías internas, se identifican áreas específicas que requieran mejoras en el sistema de control de calidad, otro punto importante en los sistemas de control de calidad es verificar la efectividad de los cambios o mejoras implementadas, debido a esto después de implementarlas, se debe evaluar si han tenido un impacto positivo en la efectividad del sistema de calidad, y evaluar si los resultados obtenidos se alinean con los objetivos de calidad establecidos previamente, de no ser así es necesario investigar las razones por las que no ocurrió el resultado esperado.

Debido a lo anterior cualquier cambio en los procesos, productos o sistemas debe ser seguido de cerca para asegurarse de que no afecte negativamente la calidad, esto incluye evaluaciones, por lo que se deben de mantener registros de todas las actividades

de evaluación, hallazgos, cambios y acciones tomadas, esto es esencial para el cumplimiento normativo y la trazabilidad en los procesos.

Otro punto importante es el seguimiento de acciones correctivas y preventivas, las cuales deben ser seguidas de cerca para asegurarse de que se implementen y se lleven a cabo adecuadamente, y así poder evaluar si se han abordado las no conformidades y los problemas de calidad.

El seguimiento a la formación y capacitación adecuada en temas de calidad es esencial, esto puede incluir registros de asistencia a capacitaciones y evaluaciones de competencia, además usualmente los empleados que trabajan en los procesos pueden proporcionar información valiosa sobre problemáticas o efectividad de cambios o mejoras realizadas, sus comentarios y sugerencias pueden ser de gran ayuda para mejorar el sistema.

Por otro lado, evaluar la calidad de los productos o servicios proporcionados por los proveedores es esencial para mantener altos estándares de calidad en la cadena de suministro, esta tarea puede llevarse a cabo mediante auditorías en el lugar del proveedor, evaluación de calidad de los materiales recibidos y seguimiento de plazos de entrega.

Es crucial la comunicación de los resultados dentro de la organización, por lo que todos los niveles de la empresa deben estar informados sobre los resultados de la evaluación y las acciones tomadas, así como el monitoreo de los indicadores de desempeño que los involucran.

En cuanto a la percepción de calidad fuera de la empresa, una de las mejores estrategias es no esperar recibir reclamaciones por parte de los clientes para tomar acciones, sino más bien tomar la iniciativa y buscar obtener retroalimentación directa de los clientes a través de encuestas, comentarios, etc. es una forma efectiva de evaluar la calidad percibida por ellos, esto puede identificar áreas de mejora y oportunidades para satisfacer mejor las necesidades de los clientes.

La evaluación de la efectividad del sistema de control de calidad en las PyMES debe ser un proceso continuo y sistemático, al seguir los pasos adecuados y prestar atención a los datos y a la retroalimentación de los clientes y empleados, se puede mejorar constantemente la calidad de los productos o servicios y la eficacia del sistema de control de calidad.

2. 11 Six sigma

Six Sigma es una metodología y un conjunto de herramientas ampliamente utilizadas en la gestión de calidad y la mejora de procesos en organizaciones. Su objetivo principal es reducir defectos, errores y variabilidad en los procesos para lograr una calidad consistente y satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes (Grima y col, 2014).

Se originó en Motorola en la década de 1980 y se popularizó posteriormente en General Electric bajo la dirección de Jack Welch (Schön y col., 2010). Desde entonces, muchas otras organizaciones en todo el mundo han adoptado esta metodología con el fin de lograr la mejora continua y en el mejoramiento de calidad.

Six sigma se basa en la premisa de que reducir la variabilidad en los procesos lleva a una mejora significativa en la calidad, el término "*Six Sigma*" se refiere a un nivel de calidad que apunta a que sólo existan 3.4 defectos por millón de oportunidades; además como principales beneficios de aplicación, (Grima y col., 2014), mencionan la eliminación de procesos y productos ineficientes, lo que conduce a la reducción de costos y eficiencia operativa ya que la disminución de retrabajos, desperdicios y tiempo muerto da como resultado un flujo de trabajo mejorado con tiempos más cortos y capacidad de producción optimizada.

Six sigma utiliza una metodología llamada *DMAIC*, la cual, de acuerdo con McCarty y col., (2005), es una metodología estructurada que sigue un formato predefinido, el cual está conformado por cinco etapas clave: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, en

donde las siglas *DMAIC* representa las cinco fases principales del proceso, las cuales son útiles para abordar problemas de calidad, optimizar procesos y lograr mejoras sostenibles (Carroll, 2013).

1. Definir (*Define*): En esta etapa, se establecen los objetivos del proyecto, se define el alcance y se identifican las partes interesadas clave, es crucial obtener una comprensión profunda del proceso que se va a mejorar.
2. Medir (*Measure*): En la segunda etapa se recopilan datos, se mide el desempeño actual del proceso y se identifican las variables críticas que afectan la calidad del producto o servicio. Los datos obtenidos se utilizan para evaluar el rendimiento del proceso y determinar la magnitud del problema, así como para evaluar la fiabilidad de los datos y mediciones, para tener la certeza de iniciar el proyecto con datos veraces, precisos y representativos.
3. Analizar (*Analyze*): En la tercera etapa se utilizan herramientas estadísticas para identificar las causas raíz de los problemas y entender por qué los defectos ocurren, analizando los datos previamente recopilados, e identificando así las variables críticas en el proceso, usualmente se utilizan herramientas analíticas comunes, como el análisis de regresión y el análisis de varianza.
4. Mejorar (*Improve*): En esta sección se generan y evalúan soluciones para abordar las causas raíz identificadas, buscando con esto optimizar el proceso.
5. Controlar (*Control*): La última etapa es la encargada de asegurar mantener las mejoras alcanzadas en el proyecto mediante el control y así prevenir la recurrencia de las fallas, usualmente en esta sección se desarrollan planes de control y se establecen indicadores clave de desempeño para monitorearlas de forma continua, además detalla la transición de las mejoras al funcionamiento normal del proceso.

En un equipo *Six Sigma*, existen roles definidos, los cuales varían en función del nivel de experiencia en la metodología y de la estructura específica de la organización, a continuación, se presentan algunos de los roles más comunes:

- Campeón (*Champion*): Es un líder ejecutivo responsable de asignar recursos, eliminar obstáculos y garantizar que la metodología concuerde con los objetivos

estratégicos de la organización, además según profundiza Gómez y col., (2002), debe de poseer habilidades de líder para ser capaz de reducir los efectos adversos al cambio en la organización.

- Maestro Negro (*Máster Black Belt*): Según lo expone Hilton y Sohal, (2012), es el nivel más alto de conocimientos en la organización, por lo tanto, el responsable del entrenamiento hacia los niveles inferiores y de asegurar que los proyectos en proceso van en la dirección correcta.
- Cinturón Negro (*Black Belt*): Son expertos en proyectos de mejora continua y de exclusiva dedicación a liderarlos, son profesionales altamente capacitados en metodologías y herramientas estadísticas avanzadas para la mejora continua de procesos de acuerdo por lo mencionado por De Feo y Barnard, (2004).
- Cinturón Verde (*Green Belt*): Son profesionales que entre las responsabilidades que posee su puesto, está el de liderar y participar en proyectos, aunque como bien detalla Hilton y col, (2012), no es su función principal. Poseen conocimientos sólidos en herramientas estadísticas y son los responsables de recolectar datos, su análisis e identificar las áreas de mejora para proponer soluciones idóneas a la problemática planteada, además es clave su participación en el proyecto ya que son los responsables de trabajar y comunicar efectivamente el estado del proyecto al equipo multidisciplinario.
- Cinturón Amarillo (*Yellow Belt*): Es personal de cualquier nivel jerárquico y cuentan con comprensión básica de la metodología, usualmente participan en proyectos liderados por un *green belt* como miembros del equipo y es crucial su participación debido a que al estar en contacto directo con los procesos sugieren ideas de mejora útiles y creativas.
- Equipo del Proyecto: Incluye al equipo multidisciplinario, miembros con múltiples y diversas habilidades que sirvan para enriquecer el proyecto, colaboran con su ejecución desde diferentes enfoques y poseen distintos niveles de desarrollo

estadístico, pueden ser: cinturones verdes, cinturones amarillos y otros roles de la empresa relacionados con el proyecto.

Estas funciones colaboran en conjunto para la aplicación de herramientas, y desarrollan y planifican el proyecto de principio a fin, proporciona soluciones efectivas para los problemas existentes en los procesos organizativos.

2. 12 Herramientas de control de calidad

En la industria de acuerdo a lo mencionado por Pérez y col., (2010), la implementación de herramientas de calidad para la mejora continua es esencial para garantizar la permanencia en un entorno de mercado dinámico, debido a esto se popularizó el uso de herramientas de calidad, las cuales están definidas como instrumentos, técnicas y métodos utilizados para medir, analizar y mejorar la calidad de un producto o proceso (Hellsten y Klefsjö, 2000), (Bunney y Dale, 1997) y Stephens, (1997), estas herramientas son fundamentales para garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos y satisfagan las expectativas de los clientes, además son fundamentales en la gestión de la calidad y ampliamente utilizadas en investigaciones y tesis relacionadas con este tema, a continuación, se detallan las más utilizadas.

2.12.1 Diagrama de Pareto

De acuerdo con Ishikawa, (1990), un diagrama de Pareto es una representación gráfica que sirve para identificar y priorizar múltiples problemáticas en función de su importancia relativa, también permite brindar el mayor beneficio, con los menores recursos invertidos (Gándara, 2014). Pyzdek y Keller, (2010), por su parte profundizan que se encuentra basado en la distribución de frecuencias de Pareto 80/20, el cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20 % de las causas.

2.12.2 Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto)

Este diagrama lleva el nombre del Dr. Kaoru Ishikawa quien lo desarrollo en 1960, y se utiliza para identificar y visualizar las posibles causas de un problema específico (Camisón, 2006). Es especialmente útil para el análisis de problemas y la identificación de causas raíz.

Pasos para Crear un Diagrama de Ishikawa:

1. Identificación del problema: Definir claramente el problema o efecto que se desea analizar y colocarlo en la línea principal.
2. Identificación de categorías: Identificar las categorías generales de posibles causas relacionadas con el problema y representarlas como espinas laterales.
3. Identificación de causas potenciales: Identificar las causas específicas dentro de cada categoría y representarlas como ramificaciones secundarias.
4. Análisis detallado: Profundizar en cada causa potencial para identificar nodos específicos o puntos de causa.
5. Discusión y acciones correctivas: Utilizar el diagrama para facilitar la discusión en equipo sobre las posibles causas y determinar acciones correctivas.

El Diagrama de Ishikawa es una herramienta efectiva para el análisis de problemas, especialmente en entornos de mejora continua y control de calidad, ya que ayuda a visualizar de manera sistemática las diversas causas que podrían contribuir a un problema específico.

2.12.3 Diagrama de Flujo

Esta representación gráfica es descrita por Hernández y col., (2014), como secuencia de pasos de un lenguaje que muestra o comunica un proceso, representando las etapas o pasos del proceso como bloques y las conexiones entre ellos mediante flechas. Este tipo de diagrama es ampliamente utilizado para visualizar de manera clara y sencilla los pasos en una secuencia de actividades o decisiones en un proceso y las interacciones entre ellas, lo que facilita la identificación de posibles inefficiencias o problemas en el flujo

de trabajo.

Elementos clave en un diagrama de flujo:

1. Terminador (Inicio/Fin): Representa el inicio o el final del proceso, usualmente se una forma ovalada.
2. Proceso: Representa una tarea o actividad específica en el proceso, se representa con un rectángulo.
3. Decisión: Representa una pregunta o una decisión que debe tomarse en el flujo del proceso, se identifica con un rombo.
4. Conector: Une dos partes de un diagrama de flujo que están en diferentes páginas o en lugares separados de la página actual.
5. Flechas de conexión: Indican la dirección del flujo entre los diferentes elementos del diagrama.
6. Flujo de datos: Representa la transferencia de información entre actividades, se representa con una línea con una flecha.
7. Documentación: Se utiliza para añadir comentarios o información adicional al diagrama de flujo.

Pasos para crear un diagrama de flujo:

1. Identificar el proceso: Determinar claramente el proceso que se va a representar en el diagrama de flujo.
2. Identificar las etapas o pasos: Desglosar el proceso en etapas o pasos discretos.
3. Ordenar las etapas: Establecer la secuencia lógica de las etapas del proceso.
4. Seleccionar símbolos: Asignar símbolos estándar para representar las diferentes etapas, decisiones, y conectores.
5. Conectar las etapas: Utilizar flechas para conectar las etapas en el orden correcto.
6. Agregar detalles: Incluir detalles adicionales como decisiones, flujos de datos, y documentación según sea necesario.
7. Revisar y ajustar: Revisar el diagrama de flujo para asegurarse de que sea preciso y lógico, realizando ajustes según sea necesario.

2.12.4 Histograma

Un histograma es un gráfico de barras que muestra la distribución de datos de acuerdo con Ishikawa, (1994); el cual es de ayuda para identificar patrones, tendencias y la variabilidad en un conjunto de datos, mostrando el grado y naturaleza de variación dentro del rendimiento de un proceso, aunque bien una de sus desventajas es que no permite localizar la fuente de su variación.

Para su construcción es importante tomar a consideración los siguientes pasos mencionados como vitales por Camisón y col., (2006) para una construcción eficiente:

- Recopilación de datos: Obtén los datos que deseas representar en el histograma, asegurándote de que los datos sean numéricos y estén organizados en una lista.
- Determinar el número de clases (barras): Decide el número de clases o intervalos que deseas en tu histograma, considerando que este número puede afectar la apariencia y la interpretación del gráfico, ya que el histograma debe transmitir adecuadamente la información necesaria, cuidan no llevar al nivel de detalle a la complicación de la interpretación.
- Calcular el rango y la amplitud: Encuentra el rango de tus datos (diferencia entre el valor máximo y mínimo); mientras que la amplitud se calcula dividiendo el rango por el número de clases.
- Crear clases: Define los límites de cada clase basándote en la amplitud calculada, considera que estas deben ser mutuamente excluyentes y cubrir todo el rango de datos.
- Contar frecuencias: Cuenta cuántas observaciones caen en cada clase, a esto se llama frecuencia de clase.

- Dibujar el histograma: Utiliza un eje horizontal para representar las clases y un eje vertical para representar las frecuencias, dibuja rectángulos para cada clase, donde el ancho del rectángulo corresponde al ancho de la clase y la altura corresponde a la frecuencia.
- Etiquetar ejes y agregar título: Etiqueta el eje horizontal con las clases y el eje vertical con las frecuencias, agrega un título al histograma para describir el conjunto de datos, si lo consideras pertinente puedes añadir detalles adicionales, como líneas de referencia, leyendas o colores para mejorar la presentación del histograma.

2.12.5 Hoja de Verificación

Es una herramienta simple para recopilar datos y registrar observaciones de manera sistemática y organizada, usualmente se utiliza para llevar un registro de la frecuencia de ocurrencia de un evento, y es ampliamente utilizada la mejora de procesos y la gestión de calidad de acuerdo con lo mencionado por Ishikawa, (1982).

Entre las actividades que se pueden emplear, es posible resaltar las siguientes funciones: Análisis de la distribución de variables en los productos fabricados, clasificación de productos defectuosos, identificación de la ubicación de defectos en las piezas, realización de verificaciones de control o tareas de mantenimiento (Kume, 1985).

Características y componentes de una hoja de verificación:

- Título: La parte superior de la hoja de verificación suele incluir un título que describe el propósito o la naturaleza de los datos que se van a recopilar.
- Categorías o elementos de verificación: Se crean columnas o secciones para representar diferentes categorías o elementos específicos que se están observando o evaluando.

- Espacio para marcar o registrar observaciones: En cada fila, se proporciona espacio para marcar o registrar observaciones específicas relacionadas con las categorías o elementos mencionados, para que el analista pueda incluir detalles adicionales de consideración importante para la finalidad del estudio.
- Instrucciones claras: Lo crucial de la recopilación de información de acuerdo con lo mencionado por Mohr y Mohr, (1983), es que las instrucciones y propósitos sean claros sobre cómo completar la hoja de verificación y qué aspectos específicos se deben observar, así como también profundiza la importancia de cuidar durante la recopilación de información que los datos obtenidos sean representativos de la situación actual del proceso que se evalúa, para agilizar el análisis de los datos y su interpretación; además de seguir el procedimiento de forma disciplinada para garantizar la fiabilidad y precisión de los resultados.
- Totales y sumatorias: Al final de la hoja de verificación, puede haber áreas para totales o sumatorias, lo que facilita el análisis agregado de los datos recopilados.

2.12.6 Gráficos de Control

También conocidos como cartas de control o diagramas de control, son herramientas utilizadas en el ámbito de la gestión de calidad y el control estadístico de procesos, sirven para proporcionar una representación visual de cómo un proceso evoluciona a lo largo del tiempo (Ozeki y Asaka, 1992), ayudando a identificar patrones, tendencias o desviaciones significativas, proporcionando de esta forma un fundamento para la toma de medidas en función de la información revelada por el gráfico (Charbonneau y Webster, 1983).

Su uso predominante se encuentra en los procedimientos industriales; no obstante, como señalan Peña y Prat, (1990), son aplicables a cualquier proceso dentro de una organización; por ejemplo, en operaciones administrativas, atendiendo de cerca las características más significativas para garantizar la prestación de un servicio de calidad (Heskett y col., 1993).

Los gráficos de control desempeñan un papel crucial en la gestión de calidad al cumplir diversas funciones; en primer lugar, facilitan la detección de variabilidad al ayudar a identificar si la variación en el proceso es coherente con las expectativas preestablecidas o si se observan patrones inusuales, además, actúan como una alerta temprana de problemas al permitir la identificación de desviaciones antes de que estas resulten en la producción de productos no conformes de acuerdo con lo mencionado por Campos y Rocha, (2009) y Montgomery, (2004), asimismo estos gráficos proporcionan una herramienta visual efectiva para la monitorización del rendimiento, permitiendo evaluar la eficiencia y la consistencia del proceso a lo largo del tiempo, de esta manera contribuyen significativamente a la mejora continua y la eficaz toma de decisiones en el ámbito de la calidad y la producción.

Elementos clave de los gráficos de control:

- Líneas de control: Son líneas horizontales trazadas en el gráfico para indicar los límites estadísticos superior e inferior, estos se derivan a menudo de la variabilidad inherente del proceso, y no representan la especificación del cliente, ya que su función es actuar antes de generar un impacto, son siempre más cerrados contra los límites de especificación del cliente.
- Datos del proceso: Los datos recopilados del proceso, como medidas o muestras, se representan en el gráfico en función del tiempo en el que se produjeron.
- Línea central: Es una línea en el gráfico que representa la media del proceso, ayuda a visualizar si hay desviaciones significativas de la media esperada.
- Marcas de puntos: Cada punto en el gráfico representa una observación o medida del proceso en un momento específico.

Existen diferentes tipos de gráficos de control que desempeñan un papel esencial en el control estadístico de procesos, uno de ellos es el gráfico de control para variables,

diseñado para supervisar variables continuas como temperatura, longitud o peso, este permite evaluar la variabilidad y el rendimiento en situaciones donde las mediciones son cuantitativas y pueden tomar cualquier valor; por otro lado, el gráfico de control para atributos es utilizado para monitorear características discretas, como la presencia o ausencia de defectos, este tipo de gráfico es fundamental cuando se trata de variables cualitativas que pueden clasificarse en categorías definidas. Ambos gráficos desempeñan un papel crucial en la identificación de patrones, la detección de desviaciones y la mejora continua de los procesos, contribuyendo a mantener la calidad y eficiencia en diversos entornos industriales y organizacionales.

El gráfico de control *X-Bar* y *R* se compone de dos partes distintas que desempeñan un papel crucial en el monitoreo de procesos; en primer lugar el gráfico *X-Bar* se utiliza para representar la media de las muestras, ofreciendo una visión de la tendencia central del proceso, por otro lado Evans y Lindsay, (2008), detallan la importancia del gráfico *R*, el cual se encarga de mostrar el rango, que es la diferencia entre el valor máximo y mínimo en cada muestra, proporcionando información valiosa sobre la variabilidad del proceso. Por otra parte, el gráfico de control *P* y *C*, específicamente diseñado para atributos, presenta dos enfoques esenciales; el gráfico *P* revela la proporción de elementos defectuosos en una muestra, mientras que el gráfico *C* destaca el número de defectos por unidad. Ambos gráficos, *X-Bar* y *R*, así como *P* y *C*, constituyen herramientas fundamentales en el control estadístico de procesos, facilitando la identificación de desviaciones, la mejora continua y la garantía de la calidad en diversos entornos industriales.

2.12.7 Análisis de correlación

También conocido como gráfico de dispersión, es una herramienta visual utilizada en estadísticas y análisis de datos para mostrar la relación entre dos variables, de acuerdo con Camisón y col., (2006), se utiliza para analizar las relaciones entre variables y puede ayudar a identificar factores, tendencias y la fuerza de la relación entre ellas, para

detectar como esta interacción afectan la salida deseada y de este modo la calidad.

Usualmente, se emplea tras la aplicación del diagrama de espina, en el cual se ha identificado todas las posibles causas de un efecto dado, de este modo en este contexto, resulta beneficioso verificar la existencia de relaciones, especialmente con las causas más probables, de esta forma la herramienta proporciona la capacidad de comprender cómo el efecto varía al modificar una causa considerada como probable.

Los pasos para la creación de un diagrama de correlación involucran cuatro fases según Galgano, (1995); estas fases que conforman el proceso de construcción proporcionan una guía estructurada para desarrollar efectivamente el diagrama y comprender la relación entre las variables, las cuales se detallan a continuación:

- Identificación de las variables y recopilación de datos: Primeramente, identificar las dos variables que se desean analizar, estas pueden ser cualquier par de variables que se sospecha que están relacionadas de alguna manera, posteriormente se procede a recolectar los datos correspondientes a ambas variables, creando pares de datos que representen la relación entre las dos variables de estudio.
- Diseño del gráfico: En el eje horizontal (eje x), se colocan los valores de una de las variables, y en el eje vertical (eje y), se colocan los valores correspondientes de la segunda variable, después de debe trazar un punto en el gráfico para cada par de valores, a medida que se agrega más información, el diagrama comenzará a mostrar un patrón general.
- Interpretación de patrones: Posteriormente se debe examina la dispersión general de los puntos en el diagrama, si estos tienden a formar una línea o algún patrón, esto indica una relación entre las dos variables. La dirección de la pendiente de la línea (si es que hay una) indica la dirección de la correlación, entre las más frecuentes se encuentra la correlación positiva es un indicador que señala que a medida que una variable experimenta un aumento, la otra también tiende a

incrementarse, se representa mediante un coeficiente de correlación positivo, generalmente situado en el rango de 0 a 1; por el contrario, la correlación negativa indica que conforme una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, y se visualiza a través de un coeficiente de correlación negativo, que típicamente oscila entre -1 y 0.

La correlación lineal hace referencia a una relación directamente proporcional y lineal entre las variables, lo que implica que los puntos en un gráfico de dispersión siguen una línea aproximada, en contraste, la correlación no lineal se manifiesta cuando la relación entre las variables no sigue una trayectoria recta, pudiendo adoptar formas curvas u otras configuraciones no lineales.

La correlación perfecta se da cuando todas las observaciones de las variables están precisamente dispuestas en una línea, este escenario extremo se refleja en un coeficiente de correlación igual a ± 1 , en contraposición, la correlación nula indica que no existe una relación aparente entre las variables, y el coeficiente de correlación se aproxima a 0. Otro tipo de correlación es el que describe la correlación de rango, también conocida como correlación de Spearman, la cual evalúa la relación entre las posiciones relativas de los valores de dos variables, prescindiendo de sus valores exactos; esta técnica resulta útil cuando los datos no siguen una distribución normal. Similarmente, la correlación de Kendall se asemeja a la correlación de rango y examina la concordancia en los rankings de dos variables, esta última es resistente a datos atípicos y no requiere que las variables sean continuas.

Por otro lado, la correlación parcial analiza la relación entre dos variables, controlando los efectos de otras variables en el análisis, esto permite examinar la relación directa entre las dos variables en cuestión, excluyendo la influencia de otras; finalmente, la correlación biserial se utiliza cuando una variable es dicotómica (binaria) y la otra es continua, proporcionando una medida de la relación entre estas variables.

Estos tipos de correlación ofrecen diversas perspectivas para comprender la relación entre variables en conjuntos de datos, la elección del tipo de correlación depende de la

naturaleza de los datos y el objetivo del análisis.

2.13 Muestreo Estadístico

Es descrito por Vivanco (2005), como la selección de muestras aleatorias y representativas de un lote o proceso para su inspección y análisis, utilizado en estadística para seleccionar una parte representativa de una población más grande con el objetivo de realizar inferencias y generalizaciones sobre la totalidad de la población, debido a los altos costes y largos periodos de tiempo que implicaría realizar el estudio en el total de la población, se recopila una sección que es un subconjunto significativo y representativo de individuos o elementos del total a estudiar.

En el proceso de investigación y análisis estadístico, es esencial comprender dos conceptos fundamentales: la población y la muestra, la población (Martínez, 2012) se define como el conjunto completo de elementos o individuos que son objeto de estudio.

La meta del muestreo es realizar inferencias significativas sobre esta población a través de la selección cuidadosa de una muestra representativa, la muestra, por otro lado, constituye un grupo específico elegido de la población que se somete a un análisis detallado, la calidad de esta es crucial para asegurar la validez de las inferencias obtenidas.

Existen varios métodos de muestreo, cada uno con sus propias características y aplicaciones. Entre ellos se encuentran el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado, el muestreo sistemático y el muestreo por conglomerados, la elección del método de muestreo depende de la naturaleza de la población y los objetivos específicos del estudio.

El error de muestreo, por su parte, representa la discrepancia entre las características de la muestra y las de la población real según detalla Vivanco, (2005), minimizar este error es crucial para obtener resultados más precisos y confiables, permitiendo así que las inferencias extraídas reflejen con mayor precisión la realidad de la población.

Determinar el tamaño adecuado de la muestra es otro aspecto crítico del proceso de muestreo de acuerdo con Badii y col., (2006), Badii y Castillo, (2007) y Badii., (2007a, 2007b), un tamaño de muestra insuficiente puede generar resultados no representativos, mientras que un tamaño excesivo puede resultar en costos innecesarios y redundancias, en este sentido, la selección de un tamaño de muestra óptimo es un equilibrio esencial en cualquier estudio de muestreo.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos de la muestra, se llevan a cabo inferencias estadísticas, estas permiten formular afirmaciones o predicciones sobre la población completa, contribuyendo así al entendimiento más profundo de las características y comportamientos de interés en el ámbito de estudio. En resumen, el proceso de muestreo y las inferencias estadísticas asociadas son elementos clave en la investigación que permiten generalizar conclusiones a partir de un conjunto más pequeño pero representativo de datos.

2.13.1 AQL

AQL son las siglas en inglés de "*Acceptable Quality Level*", que se traduce al español como "nivel de calidad aceptable", es una medida utilizada en la gestión de calidad para establecer el nivel de calidad que se considera aceptable en un lote o muestra de productos como lo detallan De Bertrand y Prabhakar (1990), se utiliza comúnmente en la inspección de productos manufacturados para determinar si el lote cumple con los estándares de calidad establecidos.

El AQL se establece como un nivel aceptable de defectos o defectuosos que se tolera en un lote sin rechazar toda la producción. Se utiliza en conjunción con un plan de muestreo que define la cantidad de productos que se inspeccionarán y los criterios de aceptación o rechazo basados en el número de defectos encontrados en la muestra.

El AQL se expresa como un porcentaje de partes defectuosas permitidas en una muestra,

por ejemplo, un AQL del 2.5% indicaría que hasta el 2.5% de los productos en una muestra pueden tener defectos y aun así se considerarían aceptables. Sin embargo, es importante destacar que el AQL no establece la calidad deseada, sino el nivel de calidad aceptable.

Este concepto se utiliza en conjunto con procedimientos de muestreo para realizar inspecciones y tomar decisiones sobre la aceptación o rechazo de lotes de productos. Establecer un AQL adecuado es crucial para equilibrar los costos de la inspección con la garantía de que se mantenga un nivel aceptable de calidad en la producción.

2.14 Análisis de capacidad del proceso.

El análisis de capacidad del proceso es una evaluación cuantitativa que, de acuerdo con Gryna y col., (2007), se realiza para determinar la capacidad de un proceso de producción para cumplir con las especificaciones del producto; este análisis implica medir la variabilidad del proceso y compararla con las tolerancias o límites especificados para el producto final. La capacidad del proceso se expresa típicamente mediante índices de capacidad, como el índice de capacidad del proceso (C_p) y el índice de capacidad del proceso corregido (C_{pk}) de acuerdo con Gutiérrez y de la Vara, (2009), estos índices nos proporcionan información valiosa sobre la capacidad del proceso para mantenerse dentro de los límites especificados y la cantidad de variabilidad presente en relación con las especificaciones del producto.

El análisis de la capacidad del proceso tiene como objetivos principales garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad, lo cual no sólo es fundamental para cumplir con los requisitos establecidos, sino que también sienta las bases para generar confianza en la consistencia y fiabilidad de los productos finales. Una faceta adicional de este proceso implica la identificación de áreas de mejora, que consiste en una evaluación minuciosa del proceso para detectar posibles ajustes o mejoras que permitan una alineación más eficiente con las especificaciones establecidas, de esta manera se identifican áreas de oportunidad estratégicas para implementar cambios positivos,

abordar posibles deficiencias y elevar continuamente la calidad del producto, como destacó Evans y Lindsay, (2008). Además, el aseguramiento del cumplimiento y la identificación de áreas de mejora contribuyen a la optimización general del proceso, al evaluar y mejorar sistemáticamente la capacidad del proceso para producir productos de alta calidad de manera constante, se logra una eficiencia operativa y una calidad consistente que son fundamentales para el éxito a largo plazo de cualquier operación industrial.

Pasos típicos para realizar el análisis de capacidad del proceso:

- Recopilación de datos: Se recopilan datos del proceso, generalmente mediante la toma de muestras representativas.
- Determinación de especificaciones: Se definen las especificaciones del producto, que son los límites o tolerancias establecidos para las características clave del producto, normalmente especificadas por el cliente.
- Cálculo de índices de capacidad: Se calculan los índices de capacidad del proceso, como C_p y C_{pk} , utilizando fórmulas que comparan la variabilidad del proceso con las especificaciones del producto.
- Interpretación de resultados: La interpretación de los resultados se centra en los índices de capacidad, donde un valor de C_p o C_{pk} inferior a 1 sugiere que el proceso podría enfrentar desafíos para cumplir con las especificaciones establecidas; por otro lado, valores superiores a 1 indican una capacidad más robusta del proceso. Ante la identificación de índices que sugieren que el proceso no está cumpliendo con las especificaciones, se pueden implementar acciones correctivas, estas acciones tienen como objetivo principal reducir la variabilidad y mejorar la capacidad del proceso, asegurando así un cumplimiento más consistente con los estándares de calidad establecidos.

La evaluación de la capacidad del proceso se convierte en una herramienta crucial dentro

de la gestión de calidad y el proceso de mejora continua, su relevancia radica en ofrecer información vital que asegura la consistencia del producto y su alineación con las expectativas del cliente.

2.15 5 por qué

Es una técnica de interrogatorio que se utiliza para identificar las causas subyacentes de un problema como detalla Ohno, (1997); a menudo se usa junto con el diagrama de Ishikawa, ya que busca el explicar el origen de porque sucede determinado fenómeno. Esta metodología, originada como parte integral del sistema de producción de Toyota, se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para la mejora continua y la resolución efectiva de problemas. La esencia de esta metodología radica en formular la pregunta "¿por qué?" de manera iterativa, haciendo este cuestionamiento cinco veces por cada problema identificado, el propósito es trascender más allá de los síntomas evidentes y llegar a la verdadera causa subyacente del problema. El primer "¿por qué?" identifica el síntoma, pero al perseverar con sucesivas preguntas "¿por qué?", se logra desentrañar las capas de causas hasta llegar a la raíz fundamental del problema, según Ilzarbe y Baguer, (2016). Este enfoque busca profundizar en las capas causales para abordar la fuente esencial del problema, evitando así soluciones superficiales y promoviendo respuestas efectivas y duraderas.

2.16 5'S

La metodología de 5S son un conjunto de principios y prácticas organizacionales originarias de Japón según detallan Falkowski y Kitowski, (2013), esta metodología surgió en el periodo posterior a la segunda guerra mundial como una faceta integral del movimiento de mejora de la calidad como señalan Michalska y Szewieczek, (2007).

Centrándose en la mejora del entorno laboral, la metodología 5S, según lo señalado por Manzano y Gisbert, (2016), se presenta como una herramienta orientada a establecer y normalizar prácticas de orden y limpieza en los lugares de trabajo, este enfoque busca

contribuir y mantener la calidad del entorno laboral.

En el ámbito empresarial, la metodología 5S se asocia con un enfoque de negocio que pretende reducir al mínimo cualquier tipo de desperdicio, incluyendo de este modo el tiempo muerto invertido en cualquier proceso de manufactura según la explicación de Anvari y col., (2011), volviendo así el proceso rápido al ser ergonómico, simple, limpio y ordenado, dando como resultado un proceso eficiente según Falkowski y Kitowski, (2013) desde la perspectiva de la manufactura esbelta; por otro lado Juárez y colaboradores, (2021) y Tinoco, (2016) abordan desde otra perspectiva los beneficios de la implementación de esta metodología, tales como la disminución de accidentes laborales, además profundiza en que es un incentivo de la salud mental en el trabajo, a su vez que aumenta la vida útil del equipo al prevenir su deterioro de manera que la implementación conlleva a un aumento significativo en la efectividad del equipo.

La exitosa puesta en práctica de esta metodología, según Rey (2005), requiere un compromiso total por parte de la alta dirección para conseguir un real cambio cultural en la organización.

Esta metodología toma el nombre de las iniciales en su idioma original de cada una de las etapas de la metodología:

- *Seiri* (Clasificación): implica la separación y categorización de elementos esenciales y prescindibles, su ejecución consiste en remover objetos no esenciales del entorno laboral, conservando únicamente lo necesario, simplificando la identificación rápida de elementos y disminuye la probabilidad de cometer errores.
- *Seiton* (Orden u Organización): Se centra en la disposición eficiente de los elementos fundamentales, su implementación incluye la asignación de ubicaciones específicas para cada elemento crucial y la clara identificación mediante etiquetas de los lugares de almacenamiento, la esencia de este enfoque radica en optimizar la organización y disposición de los elementos esenciales,

buscando facilitar la recuperación ágil de los elementos necesarios y, por ende, promover la eficiencia en la gestión y utilización de los recursos disponibles.

- *Seiso* (Limpieza): se orienta a la actividad de limpiar y preservar el área de trabajo en condiciones óptimas, promoviendo la instauración de rutinas regulares de limpieza y mantenimiento para prevenir la acumulación de desorden, contribuyendo a mejorar la seguridad en el entorno laboral, además de que reducir el tiempo dedicado a la búsqueda de elementos necesarios.
- *Seiketsu* (Normalización o Estandarización): Su objetivo principal radica en la creación y aplicación de estándares y procedimientos que aseguren la continuidad de las prácticas de clasificación, organización y limpieza en el entorno de trabajo, documentándolos y comunicándolos a la organización.
- *Shitsuke* (Disciplina o Sostenibilidad): Representa el quinto y último elemento de la metodología, consiste en desarrollar hábitos y prácticas para mantener las 4S anteriores de forma constante, fomentando una cultura de mejora continua y responsabilidad personal en el mantenimiento de las 5S.

La implementación de la metodología 5S no sólo ha transformado los procesos y el entorno laboral, sino que también ha sentado las bases para una cultura organizacional orientada hacia la mejora continua, la disciplina en la aplicación de estos principios ha resultado ser un elemento clave para el éxito a largo plazo. La metodología 5S se presenta como una herramienta valiosa y adaptable que cuando se implementa con compromiso y constancia, puede generar beneficios significativos en la calidad, la eficiencia y la cultura organizacional.

2.17 Análisis del sistema de medición

MSA por las siglas en inglés de "*Measurement System Analysis*", que se traduce al español como "Análisis del Sistema de Medición", Gutiérrez y de la Vara, (2009) lo definen como un conjunto de técnicas y métodos utilizados para evaluar y mejorar la

confiabilidad y precisión de los sistemas de medición, ya sea en procesos de manufactura, laboratorios de prueba u otras aplicaciones donde las mediciones son críticas, para garantizar que los instrumentos de medición utilizados en un proceso sean confiables y proporcionen resultados consistentes y precisos.

El análisis del sistema de medición (*MSA*) implica la evaluación de factores clave como la repetibilidad (variación cuando una misma persona mide el mismo elemento varias veces), la reproducibilidad (variación cuando diferentes personas miden el mismo elemento) y la estabilidad del sistema de medición a lo largo del tiempo de acuerdo con Wang, (2013). A través del uso de herramientas como gráficos de control y estadísticas, el *MSA* busca determinar la idoneidad de un sistema de medición para su propósito y proporciona información crucial para mejorar la calidad y consistencia de las mediciones o para identificar áreas que requieren mejoras; un *MSA* adecuado no solo ayuda a identificar y cuantificar la variabilidad asociada con el sistema de medición en sí mismo, sino que también aborda otras fuentes de variación que puedan influir como lo detalla Wang y Yang, (2007).

En cuanto a la interpretación de los resultados se usa el coeficiente *Kappa*, el cual es una medida estadística que evalúa la concordancia o acuerdo entre diferentes observadores o métodos al clasificar elementos en categorías discretas; se prefiere la utilización de la tabla de clasificación propuesta por Altman, (1991), que ofrece una clasificación más amplia en comparación con el método de Fleiss, (1981), estos coeficientes registran valores de 0 a 1, donde 0 indica un mayor desacuerdo entre inspectores y 1 refleja un acuerdo máximo, la clasificación abarca desde pobre (0 a 0.20) hasta muy bueno (0.81 a 1.00), proporcionando una evaluación más detallada de la concordancia entre los observadores.

Cuando se habla de *MSA* para atributos, se hace referencia al análisis del sistema de medición aplicado a características o variables de naturaleza discreta o categórica en lugar de variables continuas, tal como se detalla en el manual *AIAG*, (2010), el *MSA* para atributos se centra en características que pueden ser clasificadas en categorías o tienen

naturaleza binaria (por ejemplo, conforme o no conforme), el *MSA* para atributos, se evalúa la capacidad del sistema de medición para clasificar correctamente los elementos en las categorías designadas, por otro lado para variables continuas se enfoca en evaluar y mejorar la confiabilidad y precisión de los sistemas de medición cuando se realizan mediciones de características que son cuantitativas y continuas de acuerdo con Wang y Yang, (2007).

La aplicación del *MSA* para atributos es esencial en entornos donde las mediciones son cualitativas o basadas en la presencia o ausencia de ciertas características, evaluar y mejorar la confiabilidad de los sistemas de medición en estas situaciones contribuye a tomar decisiones más informadas y a mejorar la consistencia en la clasificación de atributos en los procesos de producción o calidad de acuerdo con lo mencionado por Hultman, (2016).

Capítulo III. ESTADO DEL ARTE

El presente estado del arte tiene como objetivo analizar los principales enfoques y metodologías relacionadas con la gestión de la calidad y su impacto en la competitividad empresarial. La calidad, más allá de ser un cumplimiento de estándares, se ha consolidado como una herramienta estratégica que impulsa la eficiencia operativa y fortalece la posición de las organizaciones en el mercado global. Este enfoque abarca desde los conceptos básicos de calidad como ventaja competitiva, pasando por la gestión de procesos y el control de calidad, hasta la aplicación de metodologías innovadoras como Six Sigma y DMAIC.

La literatura existente destaca la relevancia de estas prácticas no solo en grandes corporaciones, sino también en pequeñas y medianas empresas (PyMES), donde se presentan desafíos únicos en la implementación de sistemas de calidad. En este contexto, se explorarán casos de éxito, limitaciones y oportunidades identificadas en diferentes sectores y regiones. Asimismo, se abordará el impacto que la calidad tiene en factores clave como la satisfacción del cliente, la lealtad y la rentabilidad empresarial.

Este análisis permitirá comprender cómo la gestión de la calidad puede transformarse en un catalizador para la innovación, la optimización de recursos y el fortalecimiento competitivo en mercados cada vez más exigentes y dinámicos. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se pretende establecer una base sólida para el desarrollo del estudio, identificando las mejores prácticas y las áreas de oportunidad en la gestión de calidad empresarial.

3.1 Calidad como estrategia para la competitividad empresarial

La calidad no sólo es importante para cumplir con estándares y regulaciones oficiales, sino también tiene un impacto directo en la eficiencia operativa (Chiavenato, 2002), esto a través de relacionar a todos los integrantes de la corporación en el objetivo común de la mejora continua, buscando con ello la satisfacción del cliente a través del cumplimiento

de sus necesidades, (Berry, 1995), siendo esto una ventaja para posicionar competitivamente a la empresa en el mercado.

3.2 Gestión de procesos y control de calidad: Claves para la rentabilidad empresarial

Un proceso se define como una secuencia de actividades organizadas y relacionadas entre sí, para la transformación de insumos, diseñadas para lograr un resultado específico (Fabricky y Torgensen, 1966); en su naturaleza inherente está la variabilidad, lo que hace fundamental mantenerla controlada para una gestión eficiente. El control de calidad es la parte de la gestión que evalúa el resultado final, ya sea producto o proceso con los estándares predefinidos (González y Arciniegas, 2016), por su parte Ordoñez, (2014) destaca como su principal objetivo retroalimentar al sistema con las adecuaciones pertinentes para alcanzar la mejora. Stevenson y Mergen, (2006), subrayan la relevancia de establecer una conexión entre el valor de la iniciativa de calidad y el rendimiento financiero, ya que el éxito de implementar un sistema de calidad debe evaluarse a través de su influencia en la rentabilidad de la empresa.

3.3 De la variabilidad al éxito: El impacto de Six Sigma en el control de calidad

Para llegar a la evaluación del control de calidad, existen distintas metodologías, la más usada en la actualidad por su visión global es *Six Sigma*, Moosa y Sajid, (2010) la definen como metodología de mejora continua que se enfoca en la eliminación de defectos y la reducción de la variabilidad en los procesos empresariales, adopta su terminología del aspecto estadístico, en donde hace referencia a no permitir más de 3.4 defectos por millón de oportunidades ocurran en un proceso.

3.4 Innovación y rentabilidad con DMAIC: Historias de éxito en la industria

En el contexto de *Six Sigma*, se utilizan técnicas y herramientas estadísticas para monitorear los procesos productivos, siguiendo un enfoque estructurado conocido como DMAIC, acrónimo del nombre de cada una de sus etapas de desarrollo: definir, medir,

analizar, implementar y controlar.

La metodología *DMAIC* ha demostrado en múltiples áreas y casos de estudio su éxito, (Juárez y colaboradores, 2021), en donde se solucionó en una empresa de servicios logísticos la problemática de baja productividad, debido a quejas de clientes, logrando optimizarla de 82% a 100%. Por su parte Pérez y col., (2020) obtuvieron resultados favorables con la aplicación del método, logrando disminuir la cantidad de material defectuoso y con ello las quejas de clientes, los costos de operación, retrabajos de material y tiempos de entrega hasta un 60% en el principal modo de falla que se presentaba, logrando recalcar la relevancia de implementar proyectos con fundamentos en este método.

Por otro lado, Pérez y García, (2014), en el caso de estudio en la empresa Fanal de envasado de licores, logró una mejora de OEE (por sus siglas en inglés de *Overall Equipment Effectiveness*, traducido como Eficiencia General del Equipo) de 33% después detectar el modo de falla; e implementar las acciones propuestas para atacarlas; tales como entrenamiento al personal, además de la aplicación de planes de mantenimiento, ayudando a mejorar el desempeño de la organización, incrementando los ingresos anuales, mientras tanto Santamaria, (2015) aplicó la metodología en una empresa comercializadora de quesos, obteniendo una disminución en la desviación estándar en los gramos por unidad, logrando así una reducción de la mitad de sus defectos en la fabricación del producto.

Durante la implementación para mejorar el proceso de atención de incidentes de servicios de internet corporativo, en una empresa de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, la cual presentaba múltiples pérdidas económicas y quejas de los clientes por el alto tiempo de espera de atención, Paredes, (2021) documentó una disminución del 83% en el tiempo promedio del proceso y un ahorro de más de \$195,000 (dólares) una vez implementadas las acciones que atacaban las causas raíces de esta variación. Por su parte Delgado y Calsina, (2019) evaluaron en el área *Agri Food* el impacto de un modelo de gestión por procesos, con la finalidad de

reducir la cantidad de quejas, una vez identificadas las fuentes de las fallas, se implementaron acciones correctivas para eliminarlas; utilizando la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrada para el análisis se logró reducir la cantidad de quejas de clientes de 43% a 10%, mejorando la percepción del consumidor hacia la empresa.

3.5 Impacto de la calidad en el servicio en la lealtad y satisfacción del cliente

Silva y col., (2021) estudiaron la relación entre la calidad en el servicio y la satisfacción y lealtad del cliente, empleando el coeficiente de correlación de Spearman y métodos estadísticos, se observó una correlación altamente significativa, positiva y fuerte de la variable de calidad en el servicio con satisfacción y lealtad, demostrando una vez más que una gestión adecuada de la calidad tiene como beneficio incrementar la rentabilidad de la organización.

Por otro lado, Çelikkol y Bakir (2022) analizaron los factores que influyen en la satisfacción de los clientes y las relaciones entre ellos, utilizando como muestra a estudiantes de posgrado de una universidad privada; mediante un estudio de prueba de hipótesis concluyeron que un alto nivel de satisfacción de los estudiantes incide en el nivel de lealtad de estos con la institución, para considerarla como la principal opción para desarrollar sus futuros planes educativos.

3.6 Adaptación de DMAIC en PyMES: Desafíos y beneficios

Si bien *DMAIC* surgió en entornos empresariales transnacionales, esta puede adaptarse a cualquier organización, sin embargo, esto implica un desafío mayor para las pequeñas y medianas empresas (PyMES) por varias razones, entre las que destacan las mencionadas por Gutiérrez y Rubio, (2010) como lo son los costos de implementación, la resistencia al cambio del personal, oportunidades en la estructura organizacional y la falta de liderazgo; además Lima y Colmenarez, (2014) detallaron como oportunidad la falta de planeación estratégica, además la falta de personal dedicado exclusivamente a la gestión de la calidad puede llevar a una distribución inadecuada de responsabilidades y a una falta de supervisión efectiva. La falta de procesos bien definidos también puede

dificultar la integración de prácticas de control de calidad, en este sentido, Felizzola y Luna, (2014) estudiaron aspectos limitantes de implementación en una empresa de esta naturaleza, encontrando factores tales como la falta de sistemas de medición, falta de uso de indicadores de gestión, la falta de compromiso de la gerencia, el desarrollo de proyectos no basados en las necesidades y expectativas de los clientes y ausencia de pensamiento crítico que lleve a la mejora con soluciones idóneas a la problemática enfrentada; de igual manera Bribiescas y Romero, (2014), detectaron como principales oportunidades en las PyMES la comunicación interna entre roles del personal, gestión y administración eficiente de los recursos (tiempo, financieros, infraestructura, recurso humano).

Se han realizado múltiples investigaciones en las que destacan los beneficios de implementar estas metodologías en empresas de carácter pyme, tal como el estudio de 140 PyMES mexicanas, en el que Rodarte y Bribiescas, (2013), detallaron que estas empresas logran competitividad cuando cuentan con una certificación del sistema de gestión de calidad, lo cual contribuye significativamente a la mejora de sus productos y procesos; en contraste con Powell, (1995) quien analizó 54 empresas estadounidenses, se concluyó que un programa de calidad total aporta un valor económico a las empresas, aunque su porcentaje es variable, además de que el éxito de un programa de calidad total depende del compromiso directivo.

Otro estudio exhaustivo, realizado por OEA-GTZ, (2001), abordó la implementación de sistemas de calidad en un conjunto de pequeñas y medianas empresas (PyMES) en 11 países de Latinoamérica involucrando a 132 empresas, los resultados destacaron que los impactos primordiales de la implementación de sistemas de calidad en este sector fueron el incremento en las ventas y la producción, el aumento de la productividad y el incremento en las inversiones fijas.

Por su parte Pizarro, (2017) desarrolló protocolos para la gestión de calidad en empresas auditoras de tamaño pequeño y mediano en la provincia de Manabí, Ecuador en donde encontró que más del 50% de las empresas estudiadas indicó que carece de

procedimientos y políticas para la evaluación del control en el rendimiento de sus servicios, de esta forma los procedimientos destinados a controlar la calidad se presenta como una herramienta que simplifica la supervisión de la calidad en sus servicios de auditoría.

En el contexto mexicano, Rodríguez y col., (2010) realizaron un estudio centrado en identificar los factores internos que influyen en la competitividad de las pequeñas y medianas empresas (PyMES) en el sur de Tamaulipas, México. Al examinar una muestra de 100 empresas, los resultados evidenciaron que el éxito competitivo de las PyMES está vinculado a factores internos tales como la planificación estratégica, las habilidades directivas del líder o gerente de la empresa, la calidad del servicio y la adopción de tecnologías de información y comunicación. En este mismo sentido, Demuner y Mercado, (2011), realizaron un estudio de cinco casos en empresas de autopartes certificadas con ISO 9001-2000 en México, encontraron que las cinco empresas obtuvieron beneficios por la adopción del ISO 9001-2000, logrando incrementos en ventas, utilidades y activos fijos. (Betancourt y Llerena, 2023), en la fábrica “RINOTEX” ubicada en el cantón Pelileo y dedicada a la fabricación y distribución de indumentaria en *denim*, realizaron un estudio en busca contribuir en la solución de los problemas de la empresa, por medio del control de calidad en el área de confección, los datos obtenidos durante la investigación determinaron que las causas principales de las fallas y defectos en las prendas se deben al inadecuado funcionamiento de la maquinaria, el desconocimiento de los trabajadores en el control de calidad y materiales de mala calidad; de manera que se sugiere utilizar herramientas y técnicas de calidad total como diagnóstico del problema y la aplicación de un manual para controlar la calidad de los procesos de confección de indumentaria en *denim*.

Capítulo IV. METODOLOGÍA

La metodología seleccionada para el presente trabajo de investigación fue *DMAIC*, las fases de su desarrollo y las herramientas utilizadas en cada una de ellas se muestran en la Figura 1. Además, Minitab fue utilizado como una herramienta para realizar los análisis estadísticos de los datos obtenidos en cada etapa del proceso.

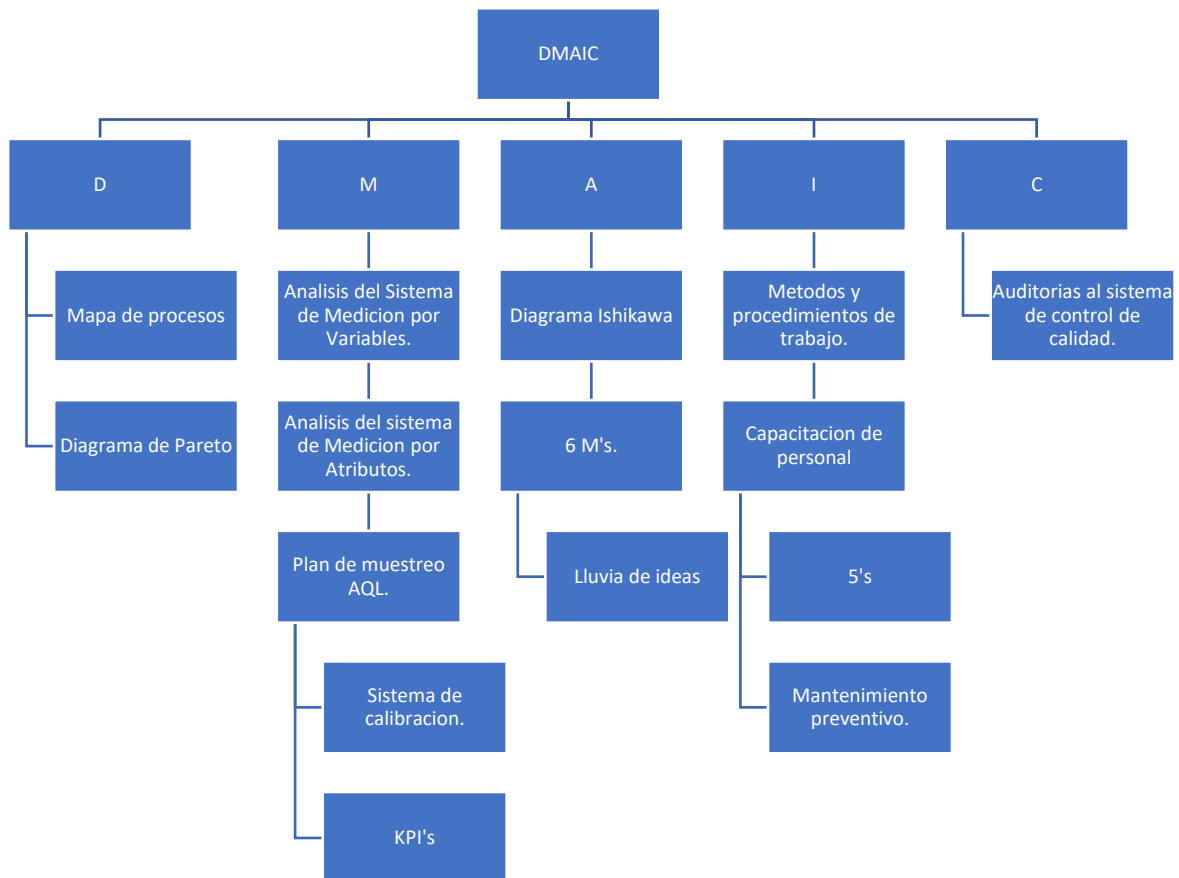


Figura 1 Diagrama de las herramientas de calidad utilizadas en cada fase de la metodología DMAIC.

4.1 Definir el problema: El primer paso hacia la mejora continua

En el contexto de la empresa objeto de estudio, se observa una carencia significativa en cuanto a la implementación de sistemas orientados al aseguramiento de la calidad. Esta deficiencia ha impactado de manera negativa en el desempeño general de la organización, especialmente en la capacidad para garantizar la consistencia y confiabilidad de los productos.

La falta de herramientas de calidad y de sistemas estadísticos para apoyar la toma de decisiones basadas en datos concretos ha limitado la capacidad de la empresa para identificar, analizar y corregir de manera proactiva los problemas que surgen en sus procesos productivos.

Hasta antes de la implementación del proyecto en curso, las decisiones en la empresa se fundamentaban principalmente en la experiencia de los empleados, lo cual, aunque valioso en ciertos aspectos, no permitía un análisis objetivo ni estructurado de las variaciones y fallas en los procesos. Esta dependencia de la intuición y la experiencia individual ha contribuido a la ocurrencia de inconsistencias en los productos, lo que a su vez ha dado lugar a quejas recurrentes por parte de los clientes. Para analizar de manera más precisa las principales causas de las quejas y priorizar las áreas de mejora, se utilizó un diagrama de Pareto. Esta herramienta es fundamental para visualizar las causas más significativas de un problema, aplicando el principio de Pareto, que sugiere que aproximadamente el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas. En otras palabras, un pequeño número de factores críticos suele ser responsable de la mayoría de los problemas.

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que organiza los datos de mayor a menor frecuencia, permitiendo identificar rápidamente los problemas más relevantes a resolver. En este caso, se utilizó para clasificar las diferentes causas de quejas en función de su frecuencia e impacto en la calidad del producto. Esto facilitó al equipo directivo

enfocarse en las fallas más críticas que estaban afectando la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa.

4.2 Medir: Evaluar el rendimiento actual e identificando oportunidades

Durante la fase de medición en la empresa objeto de estudio, se identificaron diversas carencias que afectaban gravemente la capacidad para gestionar la calidad y el desempeño de los procesos productivos. Entre los principales problemas detectados se encontraba la falta de información histórica relacionada con los procesos, lo cual impedía realizar análisis comparativos y medir la evolución de los resultados a lo largo del tiempo. Asimismo, la ausencia de trazabilidad en las mediciones dificultaba el seguimiento de los productos a lo largo de la cadena productiva, lo que hacía casi imposible detectar en qué punto exacto se originaban las fallas. Además, la falta de indicadores de desempeño claros y definidos complicaba el monitoreo y control de los procesos, limitando la capacidad para tomar decisiones basadas en datos precisos. En conjunto, estas deficiencias obstaculizaron la recolección y análisis de la información necesaria para evaluar las condiciones actuales de la empresa.

Ante esta situación, se formó un equipo multidisciplinario conformado por los departamentos de calidad, manufactura, mantenimiento, seguridad, finanzas y recursos humanos con el fin de abordar estas carencias y establecer un sistema de calidad que fuera funcional y acorde a las necesidades del negocio. Basándose en la retroalimentación recibida de los clientes, que indicaba los principales modos de falla presentes en los productos, el equipo definió los estándares de calidad que debían cumplirse. Para este propósito, se consideraron las características específicas de cada producto, y se utilizó como base las tablas AQL (Acceptance Quality Level) para establecer un nivel de aceptación adecuado. Se definió un nivel de aceptación de 0.065 con un nivel de inspección general III, lo que marcó los criterios para determinar si un lote de productos era aceptable o no, basándose en un número reducido de defectos permitidos.

Dado que la inspección visual juega un papel crucial en la verificación de las características físicas del producto, se reconoció la necesidad de un criterio unificado para esta tarea. Para asegurar la consistencia y fiabilidad en las inspecciones visuales, se llevó a cabo un Análisis del Sistema de Medición (MSA) de atributos, específicamente de categorización binaria (pasa/no pasa). Este análisis se aplicó a los inspectores de calidad asignados a la inspección de los productos, garantizando que los criterios de aceptación fueran uniformes y que las decisiones se tomaran con base en estándares objetivos previamente definidos. El MSA permitió evaluar la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de inspección, asegurando que los inspectores estuvieran capacitados y alineados en sus evaluaciones.

Una vez establecidos los procedimientos y el plan de muestreo, se inició la búsqueda de herramientas adecuadas para realizar las validaciones dimensionales requeridas en el proceso de inspección. Entre los instrumentos seleccionados para estas validaciones se incluyeron vernieres digitales, micrómetros, bases de granito, escuadras de precisión y comparadores dimensionales, entre otros. Estas herramientas fueron esenciales para medir con precisión las características físicas de las piezas, asegurando que se cumplieran los estándares de calidad definidos. Además, para garantizar la fiabilidad y precisión de las mediciones realizadas con estos equipos, se implementó un sistema de calibración que fue administrado internamente, pero ejecutado a través de un proveedor especializado en estos servicios. Este sistema de calibración permitió monitorear el estado de los equipos y asegurar que los resultados obtenidos en las mediciones fueran consistentes y exactos. Para evaluar la precisión de los equipos de medición, se llevaron a cabo MSA's de variables continuas, lo que permitió identificar y corregir cualquier variabilidad en las mediciones.

Con el sistema de verificación de partes completamente implantado, se inició la inspección muestral de los lotes de producción. Este enfoque permitió la revisión de los lotes, asegurando que los productos cumplieran con las especificaciones de calidad antes de ser liberados al mercado. Los resultados obtenidos de estas inspecciones sirvieron como base para la creación de los primeros métricos internos de calidad, los

cuales fueron fundamentales para el monitoreo continuo del desempeño del sistema productivo. Entre estos indicadores se incluyeron: el porcentaje de aceptación de las partes fabricadas, que mide la cantidad de productos que cumplen con las especificaciones; el porcentaje de desperdicio total, que refleja la cantidad de materiales o productos que no pueden ser utilizados; el costo total del desperdicio, que cuantifica las pérdidas económicas asociadas al desperdicio; y el costo total de retrabajos, que evalúa los gastos adicionales necesarios para corregir las piezas defectuosas.

Estos métricos no sólo proporcionaron una visión clara y cuantificable del desempeño del sistema de producción, sino que también se convirtieron en herramientas clave para la toma de decisiones informadas. La empresa pudo, finalmente, basar sus estrategias de mejora continua en datos objetivos y medibles, en lugar de depender únicamente de la experiencia empírica. Además, estos indicadores ayudaron a identificar áreas críticas donde era necesario realizar ajustes, ya sea para reducir el desperdicio, optimizar los costos o mejorar la calidad general del producto.

4.3 Analizar: Del dato al conocimiento

Una vez que los indicadores de desempeño revelaron la presencia de modos de falla en el proceso productivo, se decidió llevar a cabo un análisis detallado utilizando un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto. Este método fue seleccionado debido a su capacidad para identificar, de manera estructurada, las causas raíz de un problema. La elaboración del diagrama contó con la participación de un equipo multidisciplinario, que aportó sus conocimientos especializados desde diversas áreas, lo que permitió enriquecer el análisis con diferentes perspectivas y enfoques.

El desarrollo del diagrama de Ishikawa se llevó a cabo en un entorno colaborativo, utilizando la técnica de lluvia de ideas para fomentar la generación de posibles causas que estuvieran contribuyendo a los modos de falla observados. Esta técnica resultó ser de gran utilidad, ya que permitió explorar un amplio rango de factores y fomentar una

discusión abierta entre los miembros del equipo. La estructura del diagrama se organizó en torno a las "5M's", es decir, las cinco categorías que generalmente engloban las principales fuentes de variación en un proceso productivo: Materiales, Maquinaria, Métodos de trabajo, Mano de obra y Medio ambiente.

En cuanto a los Materiales, se analizaron aspectos como la calidad de las materias primas utilizadas y la consistencia de los insumos. Se identificaron posibles variaciones en las propiedades de los materiales, que podrían haber influido en las fallas observadas. Para la categoría de Maquinaria, se revisó el estado de los equipos y la regularidad en su mantenimiento, ya que un mal funcionamiento o una calibración incorrecta de las máquinas puede generar variaciones en la producción.

El factor humano, es decir, la mano de obra también desempeñó un papel crucial en este análisis. La falta de capacitación o la falta de supervisión adecuada puede generar errores en el proceso, lo que se traduce en productos fuera de especificación. Por ello, se implementaron programas de formación para mejorar las habilidades del personal involucrado en las etapas más críticas del proceso, además de fortalecer la supervisión y el monitoreo de las actividades operativas.

El análisis de los Métodos de trabajo se enfocó en la estandarización de los procedimientos operativos y en la identificación de posibles desviaciones en las prácticas laborales que pudieran estar impactando negativamente el proceso. La categoría de Mano de obra evaluó la capacitación del personal y el cumplimiento de los protocolos establecidos, considerando que la experiencia y habilidades de los operarios pueden ser una fuente significativa de variación.

Al finalizar el ejercicio de lluvia de ideas y la construcción del diagrama, se logró identificar una serie de factores que potencialmente estaban afectando la estabilidad del proceso y contribuyendo a los modos de falla detectados. Este análisis permitió visualizar de manera clara las relaciones entre los diferentes factores y sentó las bases para el desarrollo de acciones correctivas que atacarían las causas raíz del problema. La

colaboración entre los miembros del equipo fue clave para el éxito de esta fase, ya que la diversidad de opiniones y experiencias permitió abordar el problema desde distintos ángulos, garantizando una solución más integral y efectiva.

4.4 Implementar: De los problemas a las soluciones, diseñando el cambio

En esta sección se llevaron a cabo las acciones planteadas previamente en el diagrama de Ishikawa, para atacar de forma sistemática y colaborativa las raíces subyacentes de los problemas identificados, llevando al equipo multidisciplinario a una comprensión de los problemas y a la implementación de soluciones; facilitando la identificación de las relaciones entre distintos factores que contribuyen al problema específico de piezas fuera de especificación, considerando las áreas de materias primas, maquinaria, métodos de trabajo, mano de obra y medio ambiente; como las principales.

Además, se implementó un plan de 5S, motivados por la búsqueda de la eficiencia, la calidad, la seguridad y un entorno de trabajo más organizado y agradable.

Se desarrollaron las acciones propuestas previamente a través del diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto o espina de pescado, con el objetivo de atacar de manera sistemática y colaborativa las raíces subyacentes de los problemas identificados. En este caso, se enfocó en resolver la problemática relacionada con piezas fuera de especificación, un aspecto crítico que estaba afectando la calidad del producto final.

Entre los factores que se evaluaron de manera minuciosa se encontraban cinco áreas principales: materias primas, maquinaria, métodos de trabajo, mano de obra y medio ambiente. Estas áreas son conocidas como las "5M's", un concepto fundamental en el análisis de causa y efecto dentro de la ingeniería de calidad. Cada una de estas áreas representa un conjunto de variables que pueden afectar el desempeño de un proceso productivo, y su análisis detallado fue clave para la identificación de las causas raíz que estaban generando las piezas fuera de especificación.

Además de estas acciones correctivas derivadas del diagrama de Ishikawa, se implementó un plan de 5S con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, la calidad del producto, la seguridad laboral y, en general, crear un entorno de trabajo más organizado y agradable. La metodología 5S, que se centra en cinco principios: Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (mantener la disciplina), permitió no solo mejorar la organización de las áreas de trabajo, sino también crear una cultura de orden y limpieza en la planta. Esto no sólo impactó en la calidad del producto, sino que también mejoró la moral del equipo y contribuyó a un entorno laboral más seguro.

4.5 Controlar el proceso: Sosteniendo las mejoras en el tiempo

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas a lo largo del proyecto, se diseñó un plan de auditorías periódicas orientado a verificar el cumplimiento y la eficacia de los controles establecidos. Este plan tiene como objetivo asegurar que los procesos y procedimientos definidos se mantengan en funcionamiento de manera adecuada, y que los resultados obtenidos hasta el momento se sostengan a largo plazo.

La auditoría no sólo se enfocará en la revisión de los controles actuales, sino también en la identificación de áreas donde puedan surgir nuevas oportunidades de mejora o donde sea necesario hacer ajustes en función de las necesidades cambiantes del negocio.

Como parte de esta estrategia, se documentaron exhaustivamente los procesos y procedimientos que fueron definidos durante la fase de mejora. Esta documentación no sólo proporciona una referencia clara para el personal involucrado, sino que también establece una base sólida para garantizar la uniformidad en la ejecución de las actividades clave. Se incluyó un sistema de control de revisiones que permite actualizar los documentos conforme se implementan nuevos ajustes o mejoras en los procesos. Este sistema asegura que cualquier cambio sea registrado y comunicado adecuadamente a todos los involucrados, minimizando el riesgo de confusión o de la

implementación de prácticas no autorizadas que podrían comprometer la calidad o eficiencia de las operaciones.

Adicionalmente, se desarrolló un protocolo para la implementación de metodologías de solución de problemas, el cual se basa en los indicadores de desempeño internos que fueron definidos y monitoreados previamente. Este protocolo establece un enfoque sistemático para abordar y resolver los problemas que puedan surgir en cualquier área de la organización, asegurando que las decisiones se tomen de manera fundamentada y en base a datos objetivos. La metodología empleada en el protocolo promueve el análisis de las causas raíz de los problemas y proporciona una estructura clara para la selección e implementación de soluciones efectivas.

Para facilitar la aplicación de esta metodología de resolución de problemas, se diseñó una plantilla guía que asiste a los equipos en el uso adecuado de las herramientas de calidad en cada etapa del proceso. Esta plantilla proporciona una estructura lógica para avanzar desde la identificación del problema hasta la verificación de la efectividad de la solución implementada. Entre las herramientas incluidas en esta plantilla se encuentran diagramas de causa-efecto (Ishikawa), análisis de Pareto, hojas de verificación, y otras técnicas que permiten un enfoque sistemático y basado en hechos para la solución de problemas.

El uso de esta plantilla guía asegura que todos los equipos dentro de la organización puedan seguir un enfoque estandarizado y consistente para la resolución de problemas, independientemente del área en la que trabajen. Esto no sólo mejora la eficiencia en la identificación y corrección de problemas, sino que también fomenta una cultura organizacional centrada en la mejora continua, ya que las herramientas de calidad se integran en el día a día de las operaciones.

Por último, la combinación de auditorías periódicas, la documentación rigurosa de los procesos, y la implementación de una metodología de resolución de problemas, asegura que la empresa esté preparada para afrontar futuros desafíos de una manera

estructurada y proactiva. Estos elementos no sólo permiten sostener las mejoras alcanzadas, sino que también habilitan a la organización para adaptarse con mayor agilidad a los cambios del entorno, manteniendo un enfoque claro en la calidad y en el logro de sus objetivos de negocio.

Capítulo V. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de control de calidad en las organizaciones analizadas. Los datos recopilados reflejan el impacto de esta herramienta en la eficiencia operativa, la reducción de errores y la mejora de productos y servicios. Además, se examinan los beneficios derivados de la estandarización de procesos, así como su influencia en la competitividad empresarial. Los resultados se organizan en función de los objetivos específicos planteados, proporcionando una visión detallada de los efectos de la implementación de estos sistemas.

5.1 Definir

Para iniciar el análisis, es fundamental describir detalladamente la problemática que enfrenta la organización, por ello, se comenzó con la recopilación de datos. Debido a que la empresa no disponía de un registro formal de las quejas de clientes recibidas, fue necesario recopilar los correos electrónicos recibidos, donde diversos clientes manifestaban inconformidades de distinta índole respecto a los productos entregados, abarcando el periodo de junio a noviembre de 2021.

Posteriormente se realizó un diagrama de Pareto con la información recabada (veintiún incidencias encontradas), en la Figura 2, se muestra la categorización de las quejas de cliente de la empresa de maquinados industriales, se puede observar que la falla principal son las piezas fuera de especificación con un 57.14% del total de fallas, lo que representa el doble en porcentaje al retraso en entregas, y más del triple de la falla mal acabado de piezas, por lo tanto, la incidencia de quejas de cliente por piezas fuera de especificación fue el modo de falla en la que se centraron los esfuerzos del equipo.

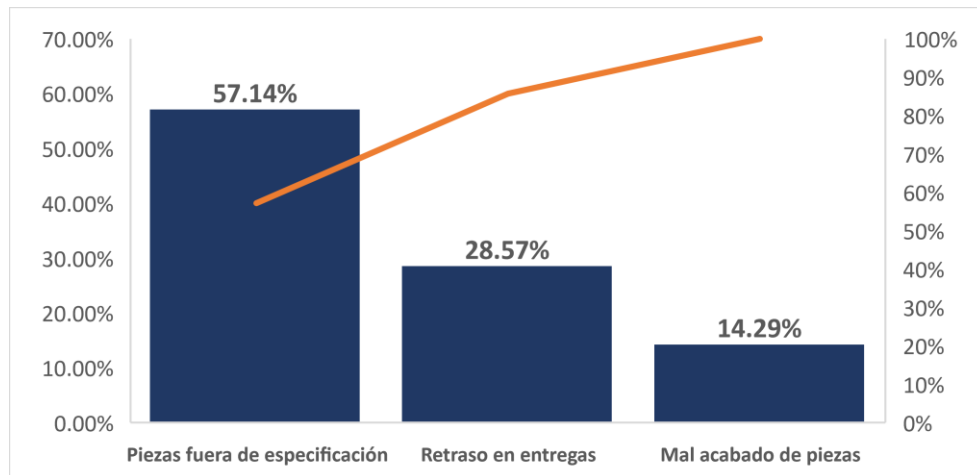


Figura 2 Pareto modos de fallas quejas de cliente Junio-Nov 2021.

Con la finalidad de comprender mejor el proceso y la secuencia de las operaciones que conforman la manufactura, así como la interacción entre estas, se realizó un diagrama de flujo del estado actual. En la Figura 3, se muestra gráficamente el ciclo de procesos que se llevan a cabo, que inicia cuando el cliente realiza una orden de trabajo y termina con la fabricación y embarque, identificando como oportunidad principal la falta de un área de control de calidad responsable de asegurar el cumplimiento de los requerimientos del cliente y la verificación interna para detectar fallas durante el proceso.

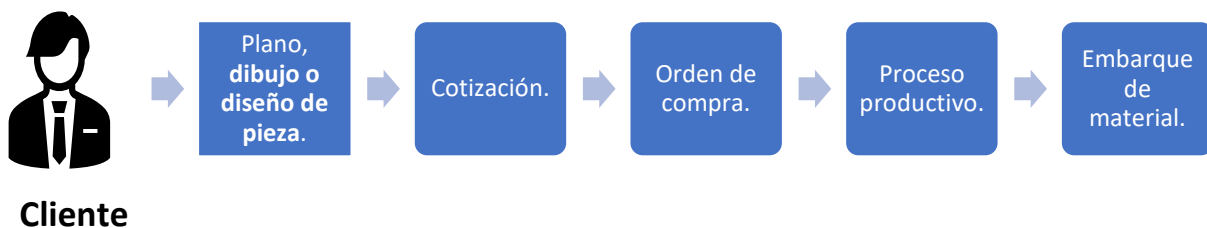


Figura 3 Diagrama de flujo de procesos de la empresa de maquinados industriales.

Como parte de la implementación, se formó un equipo de control de calidad, compuesto por técnicos, inspectores e ingenieros que fueron capacitados en la evaluación de los productos al finalizar el proceso de manufactura, así como en documentación y procedimientos. Para reforzar la detección temprana de errores, se introdujo un punto de inspección al final del proceso productivo, permitiendo la identificación y corrección de defectos, los pasos para implementarlo se detallan a continuación.

Esta medida se ha tomado en cumplimiento con las normativas internas de la organización y con el objetivo de evitar la divulgación de datos sensibles que podrían comprometer su competitividad en el mercado.

1. **Diseño del área de inspección.** Se diseñó el área de inspección en una ubicación estratégica, justo antes de que los productos fueran empacados y enviados. Esto permitió que los inspectores tuvieran acceso directo a las piezas terminadas sin interferir en la línea de producción, para llevar a cabo esta tarea se conformó el departamento de calidad ya que no existía como tal en la empresa, para el cuál fue necesario la contratación de personal para asignar un ingeniero e inspectores, en las Figuras de la 4 y 5 se muestran a manera de ejemplo secciones el procedimiento del documento de control de calidad.

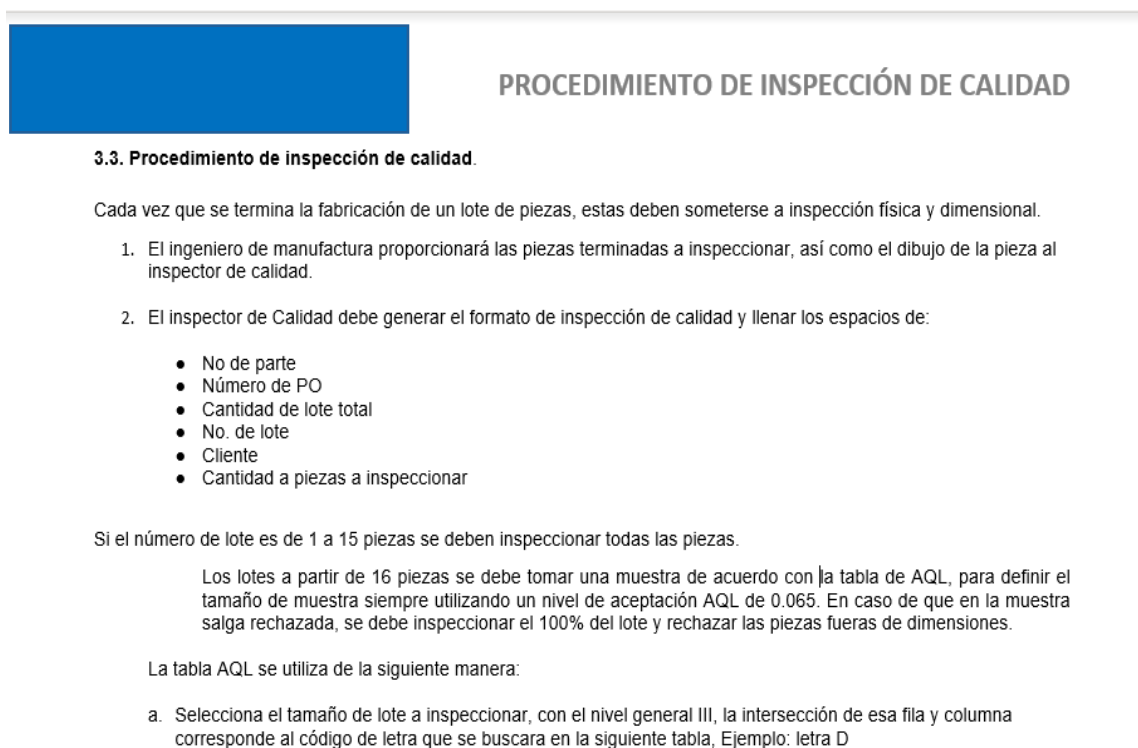


Figura 4 Sección de procedimiento de inspección de documento de control de calidad.



PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD

Archivo	Fecha de Revisión
 Reporte de inspección de Calidad	17- mayo-2021

- Se debe identificar en el dibujo el material en el cual están fabricadas las piezas, para seleccionar el criterio de inspección física, documentado en el siguiente catálogo de defectos.

Archivo	Fecha de Rev
 CATALOGO DE DEFECTOS FISICOS TE	17-mayo-2022

Si el material físicamente no coincide con el especificado en el dibujo, se debe generar un rechazo de las piezas. Si las piezas coinciden continuar con la inspección física en todas sus caras en busca de defectos físicos como son: abolladuras, rayones de superficie, residuos de marcador, etc. y registrar los hallazgos en el formato. Si se cuenta con defectos físicos se debe realizar el rechazo de las piezas, en caso de ser aceptables continuar con la verificación de dimensiones.

- Verificar cada una de las dimensiones especificadas en el dibujo y colocar el resultado en el formato, en caso de encontrar piezas fuera de especificación realizar el rechazo de la pieza
- Una vez terminada la inspección del lote llenar el archivo del reporte de la ruta Inspección de Calidad.

Figura 5 Figuras y anexos de documento de control de calidad.

- Parámetros de calidad:** Se definieron claramente los criterios de inspección que debían cumplirse, basados en las especificaciones técnicas y estándares de calidad previamente establecidos con los clientes, por medio de dimensiones, planos, dibujos y tolerancias específicas, para cada una de las características físicas y dimensionales.

En la Figura 6 se puede observar una sección de los criterios físicos definidos para el área de inspección. Sin embargo, cabe destacar que cada cota con tolerancia definida por el cliente se verifica rigurosamente utilizando el equipo dimensional adecuado. Este proceso asegura que todas las medidas se mantengan dentro de los límites especificados, garantizando así el cumplimiento de los requisitos del cliente y la calidad final del producto.

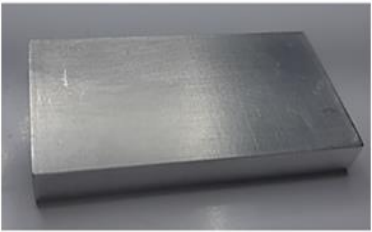
CATÁLOGO DE DEFECTOS FÍSICOS		Fecha de elaboración	
		Versión vigente	1
		Fecha de actualización	
		08-Agosto-23	
DESCRIPCION	ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	
RESIDUOS DE MARCADOR EN ALUMINIO			
RAYONES DE SUPERFICIES DE ALUMINIO Raya o incisión que deforma la superficie del metal.			

Figura 6. Extracto de catálogo de defectos físicos para el criterio de inspección física.

3. **Establecer sistemas de medición.** Una vez que se definieron claramente los criterios de inspección que debían cumplirse, para establecer un control de calidad dimensional efectivo, fue necesario adquirir equipamiento especializado que permitiera verificar con precisión las dimensiones de las piezas fabricadas. Este equipamiento, que incluye instrumentos de medición como calibres, micrómetros y máquinas de medición por coordenadas (CMM), garantiza que cada pieza cumpla con las tolerancias especificadas en los planos y los requisitos del cliente, contribuyendo así a mejorar la calidad y la confiabilidad del proceso productivo.
4. **Aseguramiento de mediciones precisas.** El control de la calibración en un área de control de calidad es fundamental para asegurar que los equipos de medición utilizados proporcionen resultados precisos y confiables.

El detalle de los pasos que se realizaron para asegurar la correcta calibración de los equipos de medición se detalla a continuación.

- El primer paso fue realizar un inventario detallado de todos los equipos e instrumentos de medición utilizados en el área de control de calidad, como calibres, micrómetros, máquinas de medición por coordenadas (CMM), indicadores de dial, etc.
- Basado en las recomendaciones del fabricante, la importancia del equipo y su frecuencia de uso, se definió un intervalo de calibración.
- Fue crucial seleccionar laboratorios proveedores que están acreditados bajo normas internacionales como ISO/IEC 17025 para asegurar la trazabilidad de las calibraciones.
- Se creó un procedimiento de calibración documentado para cada tipo de equipo de medición. Este procedimiento detalla los pasos a seguir para llevar a cabo la calibración por los proveedores y las tolerancias aceptables, así como lleva el registro de los certificados de calibración que emiten los laboratorios que demuestran la conformidad de los equipos, como se muestra en la Figura 17.

#CreandoUnMundoMásExacto Acc

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

REFERENCIA No. [REDACTED]	Página 1 DE 3
---------------------------	---------------

NOMBRE DEL CLIENTE
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:

CONTACTO:

FECHA DE RECEPCIÓN: 2022-09-09
 FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-09-10
 FECHA DE EMISIÓN DEL CERTIFICADO: 2022-09-13
 FECHA DE RECALIBRACIÓN: 2023-09-10

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:
 MARCA:
 MODELO:
 SERIE:
 ESCALA
 CÓDIGO INTERNO:
 UBICACIÓN:
 LUGAR DE LA CALIBRACIÓN
 MÉTODO UTILIZADO:
 PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

CALIBRADOR (VERNIER)
 MITUTOYO
 CD-8"ASX
 14444886
 mm
 14444886
 CNC
 Laboratorio [REDACTED]
 Comparación Directa
 PC-DI-12-05

Patrones: _____

Figura 7. Certificado de calibración emitido por un proveedor de un equipo de medición.

5. **Capacitación del Personal.** Se realizó una capacitación exhaustiva para el personal encargado de la inspección. Los inspectores aprendieron sobre los estándares de calidad, los métodos de evaluación y las herramientas de medición que utilizarían, como calibres, micrómetros y herramientas de inspección visual. Esto aseguró que tuvieran el conocimiento necesario para identificar defectos y evaluar la conformidad de los productos.
6. **Verificar confiabilidad de mediciones.** Previo a la verificación muestral de los lotes de producción, se evaluaron las capacidades de los distintos sistemas de medición, con el objetivo de determinar la certeza de los datos y detectar oportunidades, tanto en los instrumentos de medición como el método utilizado.

El Análisis de Sistemas de Medición (*MSA*, por sus siglas en inglés) por variables es un método utilizado para evaluar la precisión y la consistencia de un sistema de medición, cuantifica la repetibilidad de las mediciones, que evalúa la consistencia del sistema de medición cuando el mismo operador mide la misma característica de la misma pieza, utilizando el mismo instrumento, bajo las mismas condiciones, varias veces, si el sistema es repetible, las mediciones son muy similares entre sí, sin importar cuántas veces se realicen en las mismas condiciones y la reproducibilidad que mide la variabilidad entre diferentes operadores que usan el mismo instrumento de medición para medir la misma característica de la misma pieza. Lo anterior con el objetivo de detectar fallas de forma temprana y asegurar que los productos se están fabricando de acuerdo con las especificaciones declaradas.

A continuación, se describen los pasos que se realizaron para aplicar el *MSA* por variables:

1. Seleccionar las variables a medir para cada equipo de medición.

2. Para definir el método de medición, se documentó el método de medición que se utilizó, incluyendo el equipo y las herramientas necesarias, así como las condiciones bajo las cuales se llevará a cabo la medición.
3. Al elegir las piezas, se seleccionó un número representativo de muestras para medir, se seleccionaron treinta muestras para asegurar la validez del análisis.
4. Se eligieron a los inspectores que realizarán las mediciones, por lo que se evaluaron los tres inspectores para evaluar la variabilidad.
5. Para medir las muestras, cada inspector debe medir cada muestra tres veces, siguiendo el método de medición establecido y se registraron todos los datos en una hoja de cálculo para el análisis posterior.
6. El cálculo de los resultados se llevó a cabo en el programa de software estadístico Minitab.

La Figura 8 muestra los resultados del análisis del sistema de medición por variables, se puede observar que un 2.6% de variación es atribuible al sistema de medición, de acuerdo con la *Automotive Industry Action Group*, (2010), este valor al ser menor de 10% la variación del proceso se considera aceptable, los otros rangos de categorización por la AIAG son el de 10% a 30%, y el de más de 30%. En el primero caso el sistema es también considerado aceptable, pero depende de la aplicación, el costo del dispositivo de medición, el costo de la reparación, entre otros factores; para el segundo caso, el de mayor a 30%, de acuerdo con Jonassen y Remidez, (2005) el sistema de medición se considera no aceptable y debe ser mejorado.

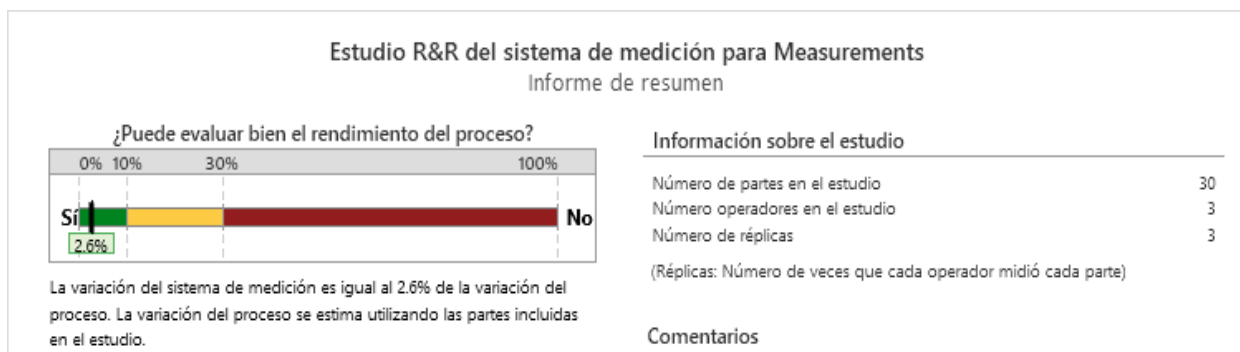


Figura 8. Resultado de MSA de variables realizado a un equipo comparador dimensional.

El proceso de control de calidad incluye una inspección visual de las partes fabricadas, para minimizar la probabilidad de que el sistema de medición clasifique erróneamente una parte, y evitar emitir un veredicto equivocado, tal como rechazar material en buenas condiciones o definir como aceptable material que no cumple las especificaciones, es importante asegurar que el personal que desarrolla las inspecciones físicas cuente con la habilidad para repetir sus decisiones de manera exacta y correcta.

La herramienta estadística utilizada para evaluar fue la inspección visual implementada fue el *MSA* por atributos, con el coeficiente Kappa de Fleiss, de acuerdo con DATAtab Team, (2023), este instrumento se utiliza para conocer si las mediciones de más de dos personas coinciden, es una medida de la fiabilidad con la que tres o más evaluadores miden lo mismo y es una medida de la concordancia entre más de dos muestras categóricas dependientes. Para interpretar los resultados del coeficiente Kappa de Fleiss se utilizó la tabla de Altman, (1991).

Se detallan los pasos que se llevaron a cabo para implementar el *MSA* por variables:

1. Se definieron qué características específicas se evaluarán.
2. Se documentaron previamente los métodos para llevar a cabo la inspección, así como el criterio de aceptación para cada atributo.
3. Al elegir las muestras se tomó un número representativo de muestras que se evaluarán. Generalmente, se recomienda un mínimo de 30 a 50 muestras para asegurar la validez del análisis.
4. Los inspectores que realizaron las clasificaciones pertenecen a la totalidad de la plantilla, que actualmente es conformada por tres personas.
5. Cada evaluador clasificó cada muestra según los atributos definidos, determinando si una pieza es aceptable o no, registrando todos los datos en un formato estándar para el análisis posterior.
6. Para determinar el nivel de concordancia entre los evaluadores, es decir, cuántas veces llegaron a la misma conclusión sobre la calidad de las muestras, se analizaron los resultados obtenidos para determinar si el sistema de medición por atributos es confiable.

Análisis de concordancia de atributos para RESULTADO

Informe de resumen

¿Es aceptable el % de exactitud general?

Las evaluaciones de los elementos de la prueba coincidieron correctamente con el estándar 89.6% del tiempo.

Tasas de clasificación incorrecta

Tasa de error general	10.4%
PASA calificados como NO PASA	18.3%
NO PASA calificados como PASA	3.5%
Calificaciones mixtas (mismo elemento calificado de ambas maneras)	2.2%

% de exactitud por evaluador

Evaluador	% de exactitud
INSP A	93.3
INSP B	86.7
INSP C	88.9

Comentarios

Considere lo siguiente al evaluar cómo puede mejorarse el sistema de medición:

- **Bajas tasas de exactitud:** Si algunos evaluadores registran tasas de exactitud bajas, puede significar que esos evaluadores necesitan capacitación adicional. Si todos los evaluadores registran tasas bajas, es posible que existan problemas más sistemáticos, como definiciones de operación deficientes, capacitación inadecuada o valores estándar incorrectos.
- **Altas tasas de clasificación incorrecta:** Puede indicar que se están rechazando demasiados elementos PASA o que se están aprobando demasiados elementos NO PASA para su envío al consumidor (o ambos).
- **Alto porcentaje de calificaciones mixtas:** Puede indicar que los elementos incluidos en el estudio eran casos que se encontraban en la línea divisoria entre PASA y NO PASA y, en consecuencia, eran muy difíciles de evaluar.

7. **Verificación muestral en lotes.** Una vez que se verificó la confiabilidad de los sistemas de medición tanto para atributos como para variables, se procedió a

implementar el plan de muestreo en el área de control de calidad, este plan permitió la inspección sistemática de los productos, garantizando que se cumplieran con los estándares establecidos y asegurando un control riguroso en la empresa.

Al finalizar el proceso de producción, cada lote de productos era enviado al punto de inspección.

En el procedimiento de inspección se incluyeron una serie de pasos sistemáticos para llevar a cabo el muestreo de los lotes (AQL), como se detalla en la Figura 10.

3.3. Procedimiento de inspección de calidad.

Cada vez que se termina la fabricación de un lote de piezas, estas deben someterse a inspección física y dimensional.

1. El ingeniero de manufactura proporcionará las piezas terminadas a inspeccionar, así como el dibujo de la pieza al inspector de calidad.
2. El inspector de Calidad debe generar el formato de inspección de calidad y llenar los espacios de:
 - No de parte
 - Número de PO
 - Cantidad de lote total
 - No. de lote
 - Cliente
 - Cantidad a piezas a inspeccionar

Si el número de lote es de 1 a 15 piezas se deben inspeccionar todas las piezas.

Los lotes a partir de 16 piezas se debe tomar una muestra de acuerdo con la tabla de AQL, para definir el tamaño de muestra siempre utilizando un nivel de aceptación AQL de 0.065. En caso de que en la muestra salga rechazada, se debe inspeccionar el 100% del lote y rechazar las piezas fuera de dimensiones.

La tabla AQL se utiliza de la siguiente manera:

- a. Selecciona el tamaño de lote a inspeccionar, con el nivel general III, la intersección de esa fila y columna corresponde al código de letra que se buscara en la siguiente tabla, Ejemplo: letra D

Figura 10. Extracto de procedimiento de muestreo de lotes en el área de control de calidad.

Una vez que se seleccionó el muestreo, los inspectores llevaban a cabo un análisis detallado de cada artículo, consulta los estándares de calidad y las especificaciones del producto que deben ser verificadas, en el dibujo, así como en el procedimiento.

Para características que pueden evaluarse visualmente (acabado, color, ausencia de defectos superficiales, etc.), se realiza una inspección visual directa (Ver Figura 11).

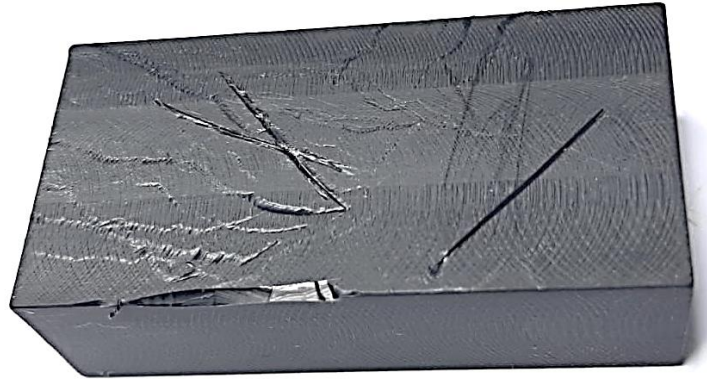


Figura 11. Defecto físico no aceptable en la inspección física de control de calidad.

Para características que requieren mediciones precisas (dimensiones, tolerancias geométricas), se utilizan herramientas como calibres, micrómetros, cintas métricas, comparador dimensional digital (ver Figura 12).



Figura 12. Validación dimensional en área de control de calidad.

Todos los resultados de las inspecciones se registran en un reporte en donde se documentan las características del producto y se comparan con los estándares

establecidos, para finalmente dar un veredicto del lote, como se puede ver en la Figura 13.

										Fecha de elaboración			
										Versión vigente		0	
										Fecha de actualización			

Formulario 3: Rendición de cuentas, verificación y evaluación de compatibilidad de características													
1. Número de Parte TAN-024-005						2. Nombre A02				3. Serie / Lote		4. FAI Report 0	
Characteristic						Inspection				Other Fields			
5. ITEM	6. Reference	7. Character	8. Requirement	8a. UoM	8b. Upper Limit	8c. Lower Limit	9. Results 1	9. Results 2	10. Designed Tooling	11. Non-Conformance Number	14. Notes		
1		Length	9.75	in	9.870	9.630	9.866	9.750					
2		Length	3.25	in	3.280	3.220	3.222	3.251					
3		Length	8.50	in	8.620	8.380	8.477	8.500					
4		Diameter	1.375	in	1.395	1.355	1.395	1.395					
5		Length	1.95	in	1.980	1.920	1.921	1.921					
6		Length	0.63	in	0.660	0.600	0.600	0.600					
7		Length	0.10	in	0.130	0.070	0.073	0.073					
8		Diameter	1.45	in	1.480	1.420	1.480	1.480					
9		Diameter	1.75	in	1.780	1.720	1.729	1.729					
La firma indica que se tienen en cuenta													
12. Revisado por: <i>Mariana Bto.</i>													

										Fecha de elaboración			
										Versión vigente		0	
										Fecha de actualización			

Figura 13. Reporte de inspección del área de control de calidad.

Si el producto cumple con todas las especificaciones, se clasifica como aceptable y se aprueba para pasar a la siguiente etapa del proceso (embalaje y entrega).

Si el producto no cumple con los requisitos, se clasifica como no aceptable y es rechazado, retrabajado o sometido a un análisis adicional. En caso de que se detecten defectos, se elabora un informe de no conformidad donde se detallan los problemas encontrados, el tipo de defecto y el posible impacto en la funcionalidad o calidad del producto. Si se realizaron correcciones o retrabajos, el producto vuelve a ser inspeccionado para asegurar que las no conformidades han sido corregidas. Una vez que el producto ha sido aprobado, se autoriza su liberación para continuar con las siguientes fases del proceso.

5.2 Medir

Se estableció un registro para documentar los resultados de cada inspección. Estos registros incluían información sobre los productos inspeccionados y los defectos encontrados, así como los costos que generaron extra. Este análisis de datos permitió identificar tendencias y patrones en los defectos, lo que a su vez facilitó la toma de decisiones informadas para futuras mejoras en el proceso de producción.

Los resultados obtenidos del muestreo de lotes fueron útiles para desarrollar los métricos internos de calidad y establecer una línea base de comparación para evaluar los resultados y efectividad de la implementación de las acciones en las siguientes etapas.

5.3 Analizar

En la Figura 14, se observa el diagrama de causa y efecto construido con la lluvia de ideas del equipo multidisciplinario formado por los departamentos de calidad, procesos, mantenimiento, técnicos de manufactura y personal operativo de máquinas, para resolver la problemática de piezas fuera de especificación dimensional destacando su capacidad para descomponer un problema en sus componentes esenciales, permitiendo una visualización clara y estructurada de las diversas causas que contribuyen a un efecto específico.

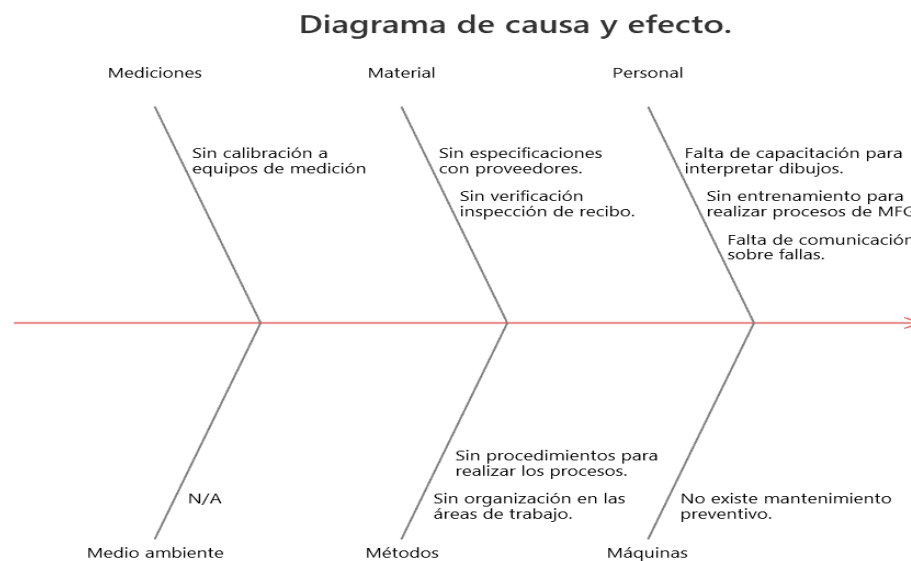


Figura 14. Diagrama de causa y efecto para fallas fuera especificación.

Una vez identificadas las causas potenciales que contribuyen al problema en cada una de las ramas del diagrama, se inició con el método de ponderación, donde se asignaron diferentes puntuaciones a cada causa basados en distintos criterios, y al final se sumaron estos puntajes asignados a cada causa, esto proporcionó una puntuación total, reflejando su importancia relativa de acuerdo con los criterios definidos, por último, se ordenaron las causas según la puntuación total obtenida, siendo las causas con las puntuaciones más altas las que tengan mayor importancia y deban ser abordadas primero.

A continuación, se muestra el resumen de las acciones de mejora a implementar para cubrir cada una de las variables del diagrama de causa y efecto seleccionadas.

Tabla 5.1 Acciones de mejora a implementar en procesos productivos de la empresa manufacturera de maquinados industriales.

Sección	Oportunidad encontrada	Acciones de mejora
Método	Falta de procedimientos para procesos.	1. Desarrollar procedimientos para cada uno de los procesos.
	Problemas de orden y limpieza.	2. Implementar plan de 5's.
Mano de obra	Falta de capacitación.	3. Programa de entrenamiento al personal en el proceso que se desempeña.
		4. Curso de capacitación sobre interpretación de planos, uso de herramientas de trabajo y de medición.
	No hay concientización sobre impacto de fallas	5. Revisión semanal en área de manufactura para informar métricos internos, externos y detalle de fallas.
Medición	Falta de calibración adecuada en equipos de uso en área de manufactura	6. Plan de calibración a equipos de medición y sistema de monitoreo.

Maquinaria	No existen verificaciones definidas de mantenimiento en los equipos.	7. Desarrollar procedimientos para realizar mantenimiento a equipos y definir frecuencias.
		8. Capacitar al personal encargado de realizar el mantenimiento preventivo.
Materiales	Generar especificaciones a proveedores de los materiales que lo requieran.	9. Definir materiales que requieran ser verificados, certificados de proveedor o variables a verificar físicamente en planta.
		10. Generar especificaciones para proveedor de los materiales que lo requieran.
		11. Enviar requerimientos a los proveedores para los cuales aplique la especificación

5.4 Implementar

Con base en el análisis de la situación actual se procedió con la implementación de las acciones de mejora.

1. Desarrollar procedimientos de que tipo para cada uno de los procesos.

El primer paso fue identificar todos los procesos clave dentro de la organización, procesos de producción y mantenimiento, para cada proceso identificado se generó un procedimiento que describe su ejecución de manera clara y estructurada.

2. Es fundamental asignar responsables para cada actividad dentro del proceso. Esto asegura que todas las tareas estén cubiertas y que los operadores sepan claramente qué se espera de ellos.
3. Procedimientos operativos estándar (POE): Se detallaron las actividades en las operaciones de producción, describiendo paso a paso las tareas que los empleados deben seguir para ejecutar el proceso de manera uniforme y segura. Se incluyeron datos como el montaje de piezas, configuración de maquinaria o manipulación de materiales, ver Figuras 15 y 16.

4. RECOMENDACIONES DE USO

Recomendaciones generales del manejo de la máquina:

1. Despejar completamente el área de trabajo de la máquina antes de su encendido.
2. Posicionar la salida de la boquilla a 11 mm de la superficie del material que se trabajará.
3. Utilizar únicamente materiales de la lista anteriormente mencionada.
4. Mantener los valores de velocidad alrededor de 450-500 al realizar grabados y para cortes velocidades menores a 30 mm/s.
5. Verificar el engrasado de las guías de movimiento y la limpieza del lente.
6. Mantener siempre encendido el sistema de circulación de agua para enfriamiento y asegurarse que no existan obstrucciones sobre las mangueras de conducción.

5. PROCEDIMIENTO PARA EL USO DE LA CORTADORA LÁSER:

5.1. Calibración y ajuste:

Para el encendido de la máquina es necesario girar la llave del interruptor de la posición "O" a la posición "I". Acto seguido desactivar el paro de emergencia girando el botón rojo en sentido de las manecillas del reloj.



Figura 1.1 Interruptor principal y paro de emergencia

Automáticamente el cabezal de la máquina se moverá a lo largo del eje "Y" y del eje "X" hasta los límites de trabajo, en donde este volverá al último origen de trabajo configurado.

En caso de ser necesario la máquina puede requerir un ajuste de los espejos para la dirección del haz del láser, este se lleva a cabo mediante los tornillos en la parte posterior de cada uno de los espejos, buscando dirigir el haz de luz hacia la salida de la boquilla.

Figura 15. Extracto de procedimiento de operación de cortadora láser.

6. SOFTWARE EN PC.

Para la creación de archivos manipulables por el controlador de la máquina se hace uso del software RDWorksV8 el cual permite la generación de dibujos, y su importación en una gran variedad de formatos.

6.1 Pantalla principal

En la pantalla principal del software se pueden identificar los principales elementos de organizados en barras de trabajo como se muestra en la Figura 2.

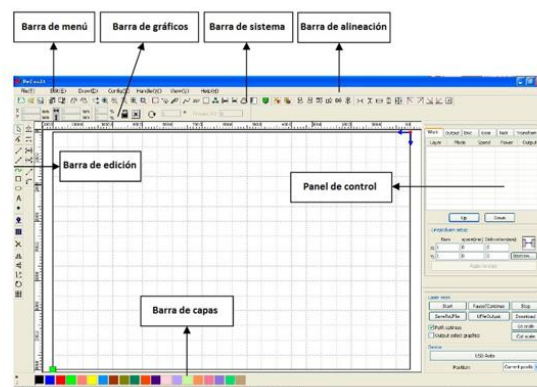


Figura 2 Pantalla principal

Barra de menú. La mayoría de las funciones del software están disponibles a través de la barra de menú. Esta incluye: Documento, Editar, Dibujo, Procesamiento, Vista y Ayuda.

Barra de sistema. En ella se encuentran ubicados algunos de los botones de comandos

Figura 16. Extracto de procedimiento de programación de cortadora láser.

Antes de oficializar un documento de un procedimiento, este debe ser verificado en la práctica para garantizar su efectividad y confirmar que todas las instrucciones fueran ejecutables bajo condiciones operativas normales, por los gerentes de los departamentos multidisciplinarios que son: calidad y procesos, seguridad, manufactura y mantenimiento. Esto asegura que esté alineado con los objetivos y estándares de la organización.

4. Los procedimientos al no ser estáticos se deben revisar periódicamente para adaptarse a cambios en la tecnología, en los requerimientos del cliente o en las normativas. La retroalimentación de los operadores y los resultados del proceso deben utilizarse para realizar mejoras continuas en los procedimientos, por lo que cobra relevancia contar con un adecuado control de cambios documental, registrando el detalle de todas las modificaciones realizadas en un documento, incluyendo quién hizo el cambio, cuándo y por qué, esto facilita la revisión y el

análisis de las razones detrás de cada actualización, como se muestra en la Figura 17.

PROCEDIMIENTO USO DE CORTADORA LASER

Código:	6
Versión:	0.1
Creado por:	
Aprobado por:	
Fecha de la versión:	03/29/2022

Lista de distribución

Copia No.	Distribuido a	Fecha	Firma	Devuelto	
				Fecha	Firma
1		05/25/2022		05/25/2022	

Historial de Cambios

Fecha	Versión	Creado por	Descripción de Cambio
05/25/2022	0.1		Esquema básico del documento

Figura 17. Sección de historial de cambios documental en procedimiento de cortadora láser.

2. Implementar plan de 5's.

Para implementar el sistema de auditorías de 5S, se siguieron una serie de pasos estructurados orientados a asegurar la correcta aplicación de cada una de las fases del método y su sostenibilidad en el tiempo.

El proceso comenzó con la sensibilización y capacitación del personal sobre los principios de las 5S: seiri (clasificación), seiton (orden), seiso (limpieza), seiketsu (estandarización) y shitsuke (disciplina). Se realizaron sesiones formativas donde se explicaron los beneficios de la metodología y su impacto en la eficiencia operativa y el entorno de trabajo.

Posteriormente, se estableció un equipo de auditoría interno, compuesto por representantes de diversas áreas de la empresa, quienes recibieron entrenamiento especializado para llevar a cabo las auditorías periódicas, para esto se diseñaron listas

de verificación adaptadas a las particularidades de la empresa, que incluyeron criterio para evaluar cada una de las 5S, como se muestra en la Figura 28.

S1 - Seiri - Clasificar			
Separar lo necesario de lo innecesario			
Id	S1 - Seiri - Clasificar	SI	Observaciones, comentarios, sugerencias de mejora que se encuentran en etapa de verificación S1
1	¿Hay cosas inútiles que pueden molestar en el entorno de trabajo?	☒	
2	¿Hay materias primas, semi elaborados o residuos en el entorno de trabajo?	☒	
3	¿Hay algún tipo de herramienta, tornillería, pieza de repuesto, útiles o similar en el entorno de trabajo?	☐	
4	¿Están todos los objetos de uso frecuente ordenados, en su ubicación y correctamente identificados en el entorno laboral?	☐	
5	¿Están todos los objetos de medición en su ubicación y correctamente identificados en el entorno laboral?	☐	
6	¿Están todos los elementos de limpieza: trapos, escobas, guantes, productos en su ubicación y correctamente identificados?	☐	
7	¿Esta todo el mobiliario: mesas, sillas, armarios ubicados e identificados correctamente en el entorno de trabajo?	☐	
8	¿Existe maquinaria inutilizada en el entorno de trabajo?	☐	
9	¿Existen elementos inutilizados: pautas, herramientas, útiles o similares en el entorno de trabajo?	☐	
10	¿Están los elementos innecesarios identificados como tal?	☐	
Puntuación		3	S NO OK

Figura 18. Formato de auditoría de 5S para sección Clasificar.

Una vez implementadas las 5S en las diferentes áreas de la empresa, se inició el ciclo de auditorías semanales, en las que el equipo multidisciplinario evaluaba el cumplimiento de los estándares establecidos.

Los resultados de las auditorías se documentaron y se compartieron con los responsables de las áreas, destacando los aspectos positivos y señalando las áreas de mejora, en la Figura 19 muestra el resumen de las auditorías realizadas en un área de la organización.

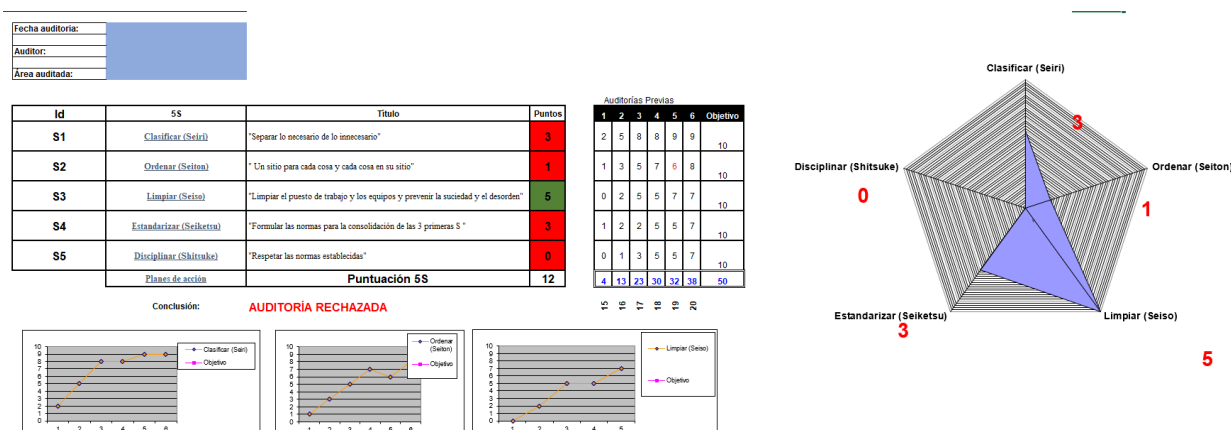


Figura 19. Resumen de auditoría de 5S.

Como parte del proceso de mejora continua, se establecieron acciones correctivas inmediatas para las no conformidades encontradas durante las auditorías. Además, se implementó un sistema de incentivos para motivar al personal a mantener los estándares de las 5S, fomentando la cultura de orden, limpieza y disciplina a largo plazo.

Finalmente, se revisaron los resultados de las auditorías periódicamente para ajustar las estrategias de implementación y asegurar que la metodología 5S se integrara de manera efectiva en la cultura organizacional. En la Figura 20 se muestra la sección de hallazgos y plan de acción a implementar para la solución de la problemática identificada.

PLAN DE ACCIÓN					
Fecha de emisión:		Próxima fecha de revisión:			
Fecha de revisión:		Responsable:			
N° de revisión:					
ID	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	MOTIVO PROBLEMA	ACCION CORRECTIVA	FECHA	RESPONSABLE

Figura 20. Auditoría de 5S.

4. Curso de capacitación sobre interpretación de planos, uso de herramientas de trabajo y de medición.

A partir del análisis de necesidades, se diseñó un programa de entrenamiento orientado a cubrir las brechas identificadas. Este programa incluyó los siguientes componentes clave:

- **Material didáctico** Se desarrollaron guías, presentaciones y videos para explicar los procedimientos fundamentales. Estos materiales fueron diseñados para ser claros y adaptados al nivel técnico de los empleados, asegurando su comprensión.
- **Duración y programación.** Se estableció la duración del entrenamiento, que incluye tanto sesiones teóricas como prácticas, fue crucial equilibrar ambas modalidades para garantizar un aprendizaje integral y eficaz.

- **Estudio de procedimientos.** Se detallaron los procedimientos operativos estándar, explicando paso a paso las tareas, los parámetros que deben controlarse, y las especificaciones a cumplir. Esto asegura que los empleados tengan claro qué deben hacer y cómo hacerlo.
- **Demostraciones prácticas.** Los instructores mostraron en el lugar de trabajo cómo realizar las verificaciones en dibujos ejemplos.
- **Práctica supervisada.** Los empleados realizaron las verificaciones bajo la supervisión directa del instructor, quien corrige errores y refuerza buenas prácticas durante la ejecución.
- **Resolución de problemas en tiempo real.** Se simularon situaciones reales de fallas en el proceso, enseñando a los empleados cómo identificar problemas, diagnosticar causas y aplicar soluciones de manera efectiva.
- **Evaluación del desempeño.** Una evaluación rigurosa es clave para asegurar que el personal ha comprendido y puede aplicar correctamente lo aprendido. Se realizaron evaluaciones escritas para comprobar la comprensión de los procedimientos, normativas y principios del proceso y prácticas, para demostrar sus competencias en condiciones reales de trabajo.
- **Retroalimentación.** Los empleados recibieron retroalimentación personalizada sobre su desempeño, identificando áreas de mejora y fortaleciendo de sus puntos fuertes.
- **Certificación y documentación.** Una vez completado el entrenamiento, se otorgó una certificación que acredita al empleado como apto para desempeñar esta función, se mantiene un registro actualizado de los empleados capacitados y los procesos en los que están certificados, lo cual es esencial para auditorías internas y externas.
- **Seguimiento y actualización.** El programa de entrenamiento al no ser un evento aislado, se programaron sesiones de actualización para capacitar al personal ante la introducción de nuevas tecnologías, procedimientos o cambios en el proceso, garantizando que el equipo siempre esté alineado con las últimas prácticas de la empresa.

5. Revisión semanal en área de manufactura para informar métricos internos, externos y detalle de fallas.

Previo a establecer la reunión informativa con el equipo de trabajo, es fundamental preparar y consolidar la información relevante sobre el desempeño de la manufactura. Este proceso incluye la recopilación de dos tipos de métricas clave:

- Métricas Internas: Datos que reflejan el rendimiento interno de la operación, tales como las tasas de producción, eficiencia de las líneas, tasas de desperdicio y retrabajo.
- Métricas Externas: Información relacionada con la satisfacción del cliente, incluyendo el número de quejas, devoluciones de productos, tiempos de entrega y cumplimiento de especificaciones del cliente.

Se identifican y documentan las fallas o defectos detectados durante el proceso productivo, ya sea en inspecciones internas o en reportes de los clientes. Esto abarca problemas de calidad del producto, errores en los procesos o incumplimientos en los tiempos de entrega.

La revisión semanal se llevó a cabo con la participación del equipo de control de calidad, operadores, técnicos, ingenieros y la gerencia. El propósito es asegurar que todos los involucrados estén alineados respecto al rendimiento actual y las áreas que requieren mejoras.

Las revisiones periódicas con el equipo de trabajo, en el área de manufactura son una práctica sistemática que permite al equipo analizar el rendimiento mediante el uso de métricas. Este ciclo de retroalimentación continua impulsa tanto la eficiencia como la calidad en la operación de manufactura, fomentando mejoras sostenibles a largo plazo.

El plan de calibración a equipos de medición y sistema de monitoreo es un componente esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones utilizadas en los procesos productivos. Este plan establece las directrices y frecuencias para asegurar que todos los instrumentos de medición mantengan su exactitud y funcionen correctamente dentro de los parámetros establecidos.

- El primer paso fue inventariar todos los equipos de medición y monitoreo utilizados en el proceso productivo.
- Cada equipo tiene diferentes necesidades de calibración dependiendo de su uso, precisión y criticidad en el proceso. se realizaron actualizaciones en el sistema de calibración para incluir nuevos equipos, operados en el área de manufactura, garantizando que el sistema previamente implementado se mantenga actualizado y eficaz.
- El personal encargado de operar los equipos de medición recibió capacitación adecuada, sobre como leer la identificación del equipo para monitorear la fecha de la próxima calibración. Estos registros sirven como evidencia de que el equipo cumple con los requisitos de precisión y pueden ser necesarios para auditorías o revisiones.

El primer paso fue identificar todos los equipos que requieren mantenimiento dentro de la empresa, tales como máquinas de producción por ejemplo los equipos de corte, fresadoras, tornos, prensas, instrumentos de medición y sistemas auxiliares como compresores, sistemas hidráulicos, sistemas de aire acondicionado, etc. Cada uno de estos equipos debe estar documentado en un inventario detallado, que incluya su ubicación, características técnicas, fabricante y condiciones de operación.

El mantenimiento preventivo es esencial para reducir la probabilidad de fallos inesperados. Para cada equipo identificado, se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo que consiste en la programación periódica de tareas de mantenimiento, basándose en recomendaciones del fabricante, cada equipo suele venir con una guía de

mantenimiento sugerida por el fabricante, que incluye la frecuencia recomendada de mantenimiento y los componentes clave que necesitan revisión.

Para cada equipo, se desarrollaron procedimientos claros y detallados que indican cómo se debe realizar el mantenimiento, como se muestra en la Figura 21.



PROCEDIMIENTO USO DE CORTADOI

8. MANTENIMIENTO

Las secciones que requieren un mantenimiento constante son.

Lente. Es probable que los vapores emanados al trabajar un material se condensen y solidifiquen en la superficie del lente por lo que es necesario revisar constantemente la limpieza de este. Para remover cualquier suciedad se recomienda utilizar líquido para limpiar anteojos y un pañuelo suave y desechable.

Espejos. Limpiar el polvo que pueda acumularse en ellos, puede hacerse con aire a presión.

Guías. Necesitan de una correcta lubricación. Verificar que siempre se encuentren engrasadas.

Figura 21. Extracto de procedimiento de mantenimiento a equipo de corte.

Estos procedimientos incluyeron los siguientes aspectos:

- Detalles sobre qué partes o componentes deben ser revisados, ajustados, reemplazados o lubricados. Por ejemplo, cambio de filtros, inspección de correas, ajuste de componentes mecánicos, entre otros.
- Herramientas y materiales necesarios, listando de herramientas y materiales específicos que el técnico necesitará para realizar el mantenimiento.
- Instrucciones paso a paso, mediante una guía detallada sobre cómo llevar a cabo cada tarea, incluyendo el desmontaje, inspección, limpieza, ajuste y prueba del equipo.
- Estándares de referencia con parámetros de funcionamiento que deben verificarse después de realizar el mantenimiento, para asegurar que el equipo esté

en condiciones óptimas, esto incluye desde la medición de tolerancias, ajuste de voltajes o temperaturas, o verificación de alineaciones.

- Todos estos procedimientos fueron documentados y organizados en un formato estándar para su fácil consulta por parte del personal de mantenimiento.
- Definición de frecuencias de mantenimiento, una vez desarrollados los procedimientos, se establecieron las frecuencias con la que se realizarán las tareas de mantenimiento preventivo, dividiéndose en las conclusiones detalladas a continuación: mantenimiento diario o semana para equipos críticos que requieren inspecciones frecuentes, como engrases o ajustes menores, mantenimiento mensual y trimestral para revisiones más profundas, como la inspección de piezas de desgaste o cambios de componentes y mantenimiento anual: mantenimiento mayor que incluye el desmontaje, limpieza exhaustiva, recalibración, o la sustitución de componentes importantes.
- Registro y seguimiento de mantenimientos para llevar un control adecuado del mantenimiento realizado, se establece un sistema de registro de todas las actividades de mantenimiento incluyendo los siguientes datos: fecha de realización del mantenimiento, descripción de las tareas realizadas, nombre del técnico que realizó el mantenimiento, resultados obtenidos como mediciones, ajustes realizados, piezas reemplazadas, etc. y fecha del próximo mantenimiento programado. Este registro es fundamental para asegurar la trazabilidad de las acciones y poder analizar la efectividad del plan de mantenimiento, ajustando frecuencias o procedimientos si es necesario.
- Una vez implementado el plan de mantenimiento, es necesario realizar un seguimiento continuo de su efectividad.

Capacitación del Personal

El personal encargado del mantenimiento debe estar adecuadamente capacitado para realizar las tareas de acuerdo con los procedimientos establecidos tomando en cuenta los siguientes aspectos.

- Entrenamiento técnico en el manejo de equipos y herramientas específicas.

- Conocimiento de los estándares de seguridad para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.
- Habilidad para interpretar los resultados del mantenimiento y tomar decisiones correctivas.

El desarrollo de procedimientos para realizar el mantenimiento a equipos y la definición de frecuencias requiere de una planificación estructurada, que garantice la correcta operación de los equipos a través de revisiones regulares, ajustes y reparaciones, lo que minimiza tiempos de inactividad y aumenta la vida útil de los activos.

Definir los materiales que requieren ser verificados, así como los que necesitan certificación de proveedores o verificación física en planta, es un paso fundamental para asegurar la calidad y conformidad de los productos en una empresa. A continuación, se describe el proceso para llevar a cabo esta tarea:

1. Identificación de materiales

El primer paso consiste en identificar todos los materiales que se utilizan en el proceso de producción. Esto incluye:

- Materias primas: Materiales básicos que se utilizan para la fabricación del producto final, como metales, plásticos, componentes electrónicos, entre otros.
- Materiales auxiliares: Suministros que no forman parte del producto final, pero son necesarios para el proceso, como lubricantes, herramientas, envases, etc.
- Componentes de productos terminados: Elementos que son comprados a proveedores y que se ensamblan en el producto final.

Es esencial tener un inventario completo de todos los materiales que la empresa utiliza en su operación para su adecuado control.

2. Clasificación de materiales

Una vez identificados los materiales, se deben clasificar según su naturaleza y requisitos de verificación.

- Materiales críticos: Aquellos que tienen un impacto significativo en la calidad del producto final, donde cualquier defecto puede resultar en fallos del producto.

- Materiales estándar: Aquellos que tienen especificaciones más flexibles y donde los defectos son menos críticos.
- Materiales regulados: Materiales que deben cumplir con normativas específicas, como componentes eléctricos que deben cumplir con estándares de seguridad.

3. Establecimiento de Criterios de Verificación

Para cada categoría de material, se deben establecer criterios claros de verificación. Esto puede incluir:

- Especificaciones técnicas: Detalles sobre las dimensiones, propiedades físicas, químicas o mecánicas que los materiales deben cumplir.
- Documentación requerida: Tipos de certificados o documentos que los proveedores deben proporcionar para garantizar la calidad, como certificados de conformidad, certificados de análisis, y reportes de pruebas.
- Métodos de verificación: Procedimientos específicos para verificar que los materiales cumplen con los estándares. Esto puede implicar pruebas en laboratorio, inspecciones visuales, mediciones dimensionales, etc.

4. Verificación Física en Planta

Algunos materiales requieren verificación física al llegar a la planta para asegurar que cumplen con los estándares establecidos.

- Inspección de recepción: Procedimientos que el personal de calidad debe seguir al recibir materiales en planta, que incluyen verificaciones visuales, mediciones y pruebas según lo especificado.
- Toma de muestras: En algunos casos, se pueden tomar muestras de lotes de materiales para realizar verificaciones.
- Registro de resultados: Es esencial llevar un registro de todas las verificaciones realizadas, así como de cualquier desviación encontrada.

- Evaluación periódica de proveedores: Revisar el desempeño de los proveedores y su capacidad para proporcionar materiales de acuerdo con las especificaciones requeridas.

Definir los materiales que requieren verificación y certificación es un proceso crítico que ayuda a asegurar que la calidad de los productos terminados sea la adecuada, minimizando riesgos y garantizando la satisfacción del cliente. Este enfoque sistemático contribuye a la gestión efectiva de la calidad dentro de la organización.

Establecer especificaciones técnicas claras para los proveedores de materiales es un proceso crucial para asegurar que los insumos recibidos cumplan con los estándares de calidad y los requisitos técnicos de la empresa.

Antes de generar las especificaciones, se realiza un análisis detallado de los materiales utilizados en la producción, con el fin de identificar aquellos que son críticos para la calidad y desempeño del producto final. Este análisis permite establecer las características esenciales que deben cumplir los materiales.

Se determinan las propiedades clave que cada material debe tener para garantizar la funcionalidad, seguridad y rendimiento del producto final. Entre estas propiedades pueden incluirse: propiedades mecánicas como resistencia, dureza, elasticidad, resistencia a la corrosión para materiales expuestos a ambientes adversos, conductividad eléctrica o térmica, cuando sea aplicable.

Una vez definidos los requisitos, se especificaron los límites aceptables para cada propiedad del material. Por ejemplo, en términos dimensionales, se puede establecer que una pieza debe cumplir con tolerancias de ± 0.1 mm, garantizando la precisión requerida.

Se listo la documentación que los proveedores deben proporcionar para respaldar la conformidad del material con las especificaciones, tales como certificados de calidad,

informes de pruebas y análisis técnicos y documentación adicional que asegure la trazabilidad y el cumplimiento de normativas.

Toda la información recopilada y los criterios establecidos se compilaron en un documento formal de especificaciones técnicas. Este documento debe ser preciso, fácil de interpretar y debe incluir todas las pautas relevantes para asegurar que el proveedor comprenda las exigencias de la empresa.

Una vez generadas las especificaciones, se compartieron formalmente con los proveedores mediante reuniones, durante esta fase se aclararon aspectos específicos de las especificaciones para garantizar una correcta interpretación por parte del proveedor.

Es fundamental mantener un registro actualizado de todas las especificaciones generadas, junto con sus versiones y modificaciones. Además, se debe establecer un sistema para la revisión periódica de las especificaciones, adaptándolas según los cambios en los procesos de producción, nuevas regulaciones o retroalimentación recibido de los proveedores.

El proceso de generar especificaciones para proveedores de materiales es una tarea meticulosa que garantiza que los insumos recibidos cumplan con los requisitos de calidad y optimicen la producción. Al definir criterios claros y mantener una comunicación fluida con los proveedores, se asegura que los materiales contribuyan al éxito del producto final y del proceso productivo en general.

5.5 Control

Una vez implementadas se monitorearon los métricos de calidad y se compararon con la línea base de referencia para comprobar su efectividad, obteniéndose los siguientes resultados:

5.5.1 Quejas de cliente

En la Figura 22, se muestra el comportamiento en el número de quejas de clientes antes y después de la implementación del sistema de control de calidad, a lo largo del trabajo se mostrarán las gráficas con las siguientes abreviaturas: AISCC para el periodo antes de implementación de sistema de control de calidad y DISCC para el periodo después de implementación de sistema de control de calidad. Las quejas de clientes son consideradas como el principal objetivo del presente proyecto y el métrico más importante para la empresa. Antes de la implementación del sistema y para el periodo de junio de 2021 a Julio de 2022 se presentó un promedio mensual de quejas de clientes de 7.2, mientras que posterior a la implementación para los meses estudiados de agosto - diciembre 2022 las quejas disminuyeron a 0.8 mensuales en promedio. Lo anterior pone en evidencia que la implementación del sistema de control de calidad es efectiva para detectar anomalías antes de que los productos sean embarcados para el cliente, así como también para disminuir la ocurrencia de los modos de falla reportados.

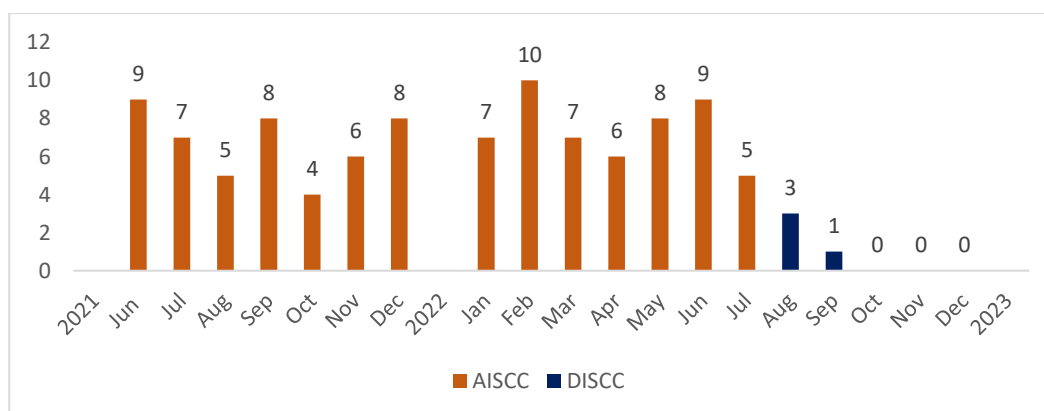


Figura 22. Gráfica de quejas de clientes mensuales en el periodo de Jun 2021 a diciembre de 2022.

5.5.2 Aceptación interna de partes fabricadas

Posterior a disminuir el reporte de quejas, los métricos internos mostraron un mejoramiento en el nivel de aceptación, en la Figura 23, se observa el porcentaje mensual de aceptación de piezas fabricadas antes y después de la implantación de las acciones de mejora, este porcentaje incrementó en un promedio del 13% de agosto a diciembre de 2022.

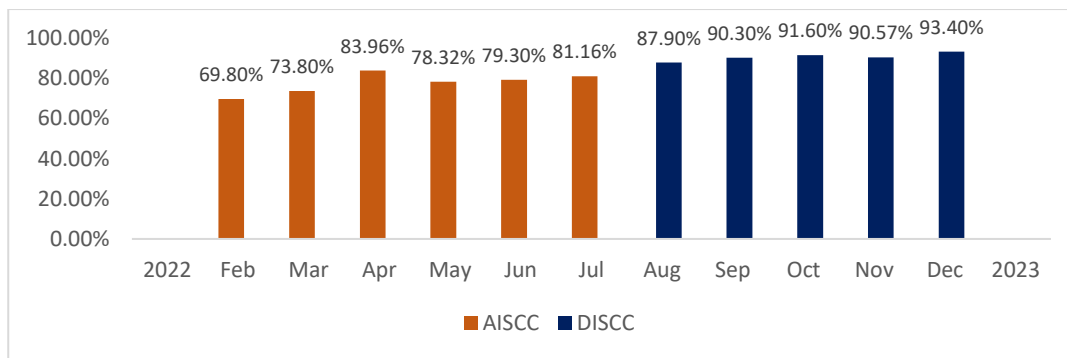


Figura 23. Gráfica de porcentaje mensual de aceptación de partes fabricadas.

5.5.3 Porcentaje de material de desperdicio

La Figura 24, muestra el porcentaje de piezas desperdiciadas mensualmente durante el periodo evaluado, se puede observar una mejora en el porcentaje de aceptación de partes la cual se mantuvo en promedio un 5.96%, lo anterior representa un 5.6 % de disminución después de implementado el sistema de control de calidad.

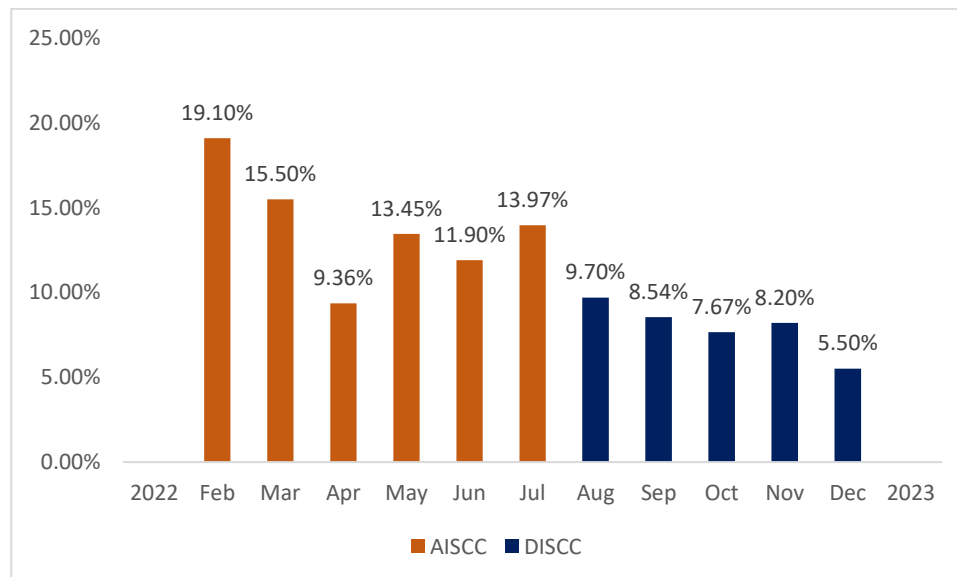


Figura 24. Gráfica de porcentaje mensual desperdiciado.

5.5.4 Costo mensual de material desperdiciado

Desde un punto de vista económico y en relación con la Figura 25, se puede observar que después de la implementación del sistema de control de calidad al disminuir el porcentaje de desperdicio en el material, el costo total de la materia prima por concepto de ahorro representó un promedio mensual de \$4,208.00 dólares. La parte financiera es el pilar más importante para toda empresa, al reducir sus costos en materia prima representa que estos recursos pueden utilizarse en otros ámbitos dentro de la empresa o poder contar con productos a precios más competitivos en el mercado.

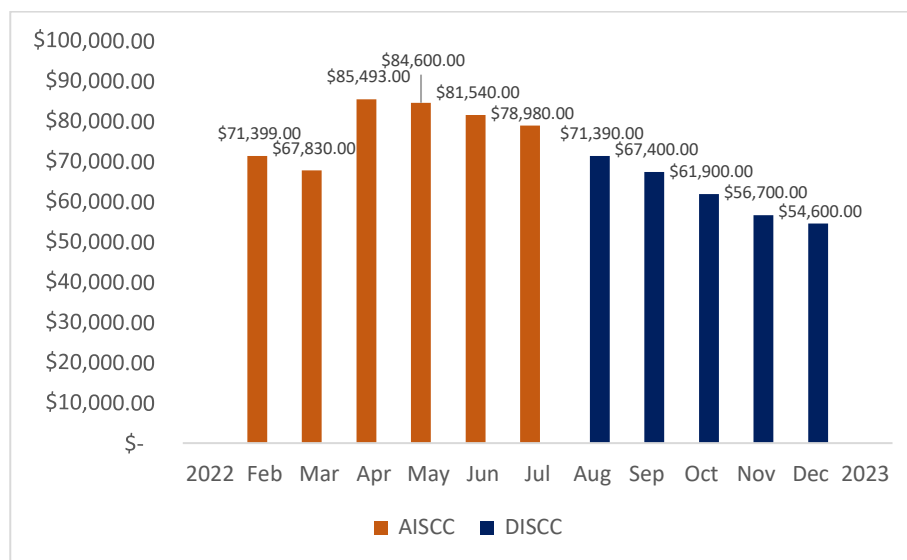


Figura 25. Gráfica de costo mensual de desperdicio.

5.5.5 Porcentaje de material retrabajado por problemas de calidad

Otro métrico al que la implementación de la metodología DMAIC impactó favorablemente al disminuir la cantidad de piezas rechazadas en el área de control de calidad fue las piezas con retrabajos de manera mensual lo que hace referencia a una pieza que tiene alguna característica fuera de especificación, sin embargo, con un retrabajo puede ser utilizada. En la Figura 26, se muestran los resultados en el periodo evaluado para este métrico, resaltando que posterior a la implementación de DMAIC las piezas por retrabajos disminuyó en un 7.08%, mientras que el promedio mensual por este concepto fue de 7.38% en los lotes enviados a retrabajar.

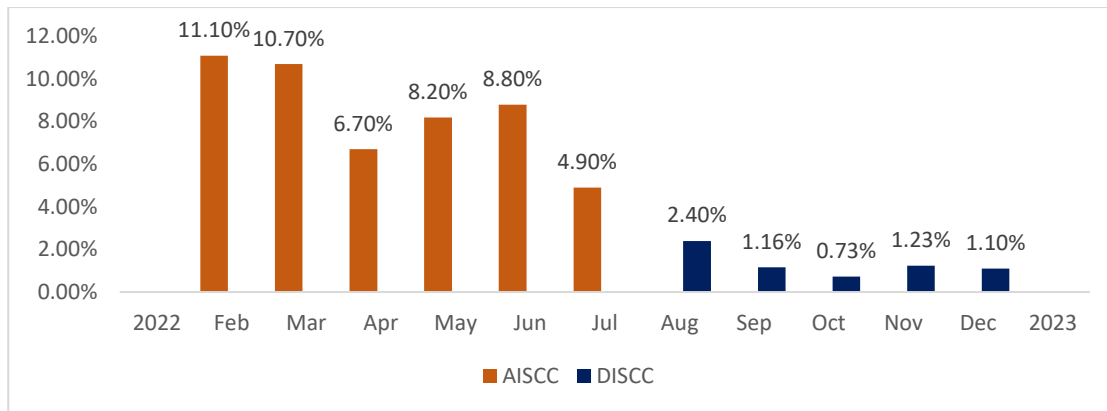


Figura 26. Gráfica de porcentaje mensual de piezas retrabajadas.

5.5.6 Costo mensual de material retrabajado por problemas de calidad

Resulta importante acentuar que el retrabajo de material es una actividad dentro de una empresa que no agrega valor al producto final, y al consumir recursos tales como energía, materias primas, mano de obra, entre otros se traduce como un proceso no deseable en cualquier organización. En este sentido, en la Figura 27, se muestran los costos promedios mensuales por reprocesos, una vez que el retrabajo de defectos disminuyó, generó un ahorro de costos promedio mensual de \$4,248.6 dólares.

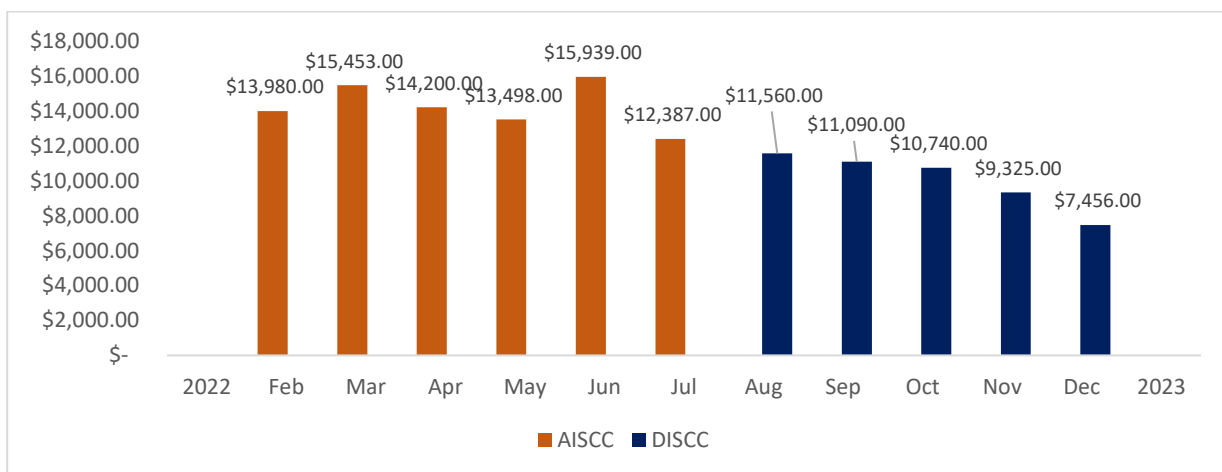


Figura 27. Gráfica de porcentaje mensual de aceptación de partes fabricadas.

La etapa de control es la última fase en la metodología DMAIC y juega un papel crucial para asegurar que los cambios implementados durante el proceso de mejora se

mantengan y produzcan resultados sostenibles a lo largo plazo. En esta etapa el desarrollo del proyecto se enfocó en establecer sistemas de control, monitoreo y mantenimiento para asegurar que los problemas resueltos no continúen presentándose y que los procesos se mantengan de manera estandarizada, en casos particulares se tomaron medidas preventivas para el control del proceso.

A continuación, se describen la lista de actividades cualitativas que se realizaron para esta etapa:

- Establecimiento de métricas y objetivos de control: Se definieron las métricas clave que se utilizarán para medir el rendimiento del proceso:
- Porcentaje de aceptación. El porcentaje de aceptación es una medida que indica el porcentaje de elementos que cumplen con ciertos criterios o especificaciones respecto al total de elementos evaluados, como se muestra en la Ecuación 1.

$$\text{Porcentaje de aceptación} = \frac{\text{Cantidad de elementos aceptados}}{\text{Cantidad total de elementos evaluados}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Cantidad de Elementos Aceptados: Número de elementos que cumplen con los requisitos o estándares establecidos.

Cantidad Total de Elementos Evaluados: Número total de elementos considerados en la evaluación.

- Porcentaje de material desperdiciado. El porcentaje de material desperdiciado es una medida que indica qué proporción del material total utilizado en un proceso se considera como desperdicio o no aprovechable, como se muestra en la Ecuación 2.

Porcentaje de material desperdiciado

$$= \text{Cantidad de material desperdiciado} \times \text{Costo por unidad} \quad (2)$$

Donde:

Cantidad de Material Desperdiciado: Cantidad de material que no fue utilizado de manera productiva (puede incluir recortes, sobrantes, defectos, etc.).

Cantidad Total de Material Utilizado: Cantidad total de material introducido en el proceso, incluyendo el material aprovechado y desperdiciado.

- Porcentaje de material retrabajado. El porcentaje de material retrabajado es una medida que indica la proporción de material que tuvo que ser corregido o reprocesado respecto al total del material evaluado, se expresa matemáticamente como se muestra en la Ecuación 3.

- $$\text{Porcentaje de material retrabajado} = \frac{\text{Cantidad de material retrabajado}}{\text{Cantidad total de material evaluado}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

Cantidad de Material Retrabajado: Material que no cumplió con los estándares iniciales y que tuvo que ser modificado, corregido o reprocesado.

Cantidad Total de Material Evaluado: Todo el material que pasó por la evaluación del proceso.

- Costo de material desperdiciado. El costo de material desperdiciado es una medida que representa el valor económico asociado al material que no se aprovechó en el proceso productivo, matemáticamente expresado como se detalla en la Ecuación 4:

$$\text{Porcentaje de material desperdiciado} = \frac{\text{Cantidad de material desperdiciado}}{\text{Cantidad total de material evaluado}} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

Cantidad de Material Desperdiciado: Cantidad de material no utilizado o desechado (en unidades como kilogramos, metros, piezas, etc.).

Costo por Unidad de Material: Precio o costo de adquisición de cada unidad del material (en la misma unidad que la cantidad de material desperdiciado).

- Costo de material re trabajado: Expresa el costo de realizar modificaciones adicionales a piezas que ya fueron terminadas, con el propósito de reparar una falla funcional, refleja el valor económico de los materiales, manos de obra, energía y tiempo invertidos. Este concepto se puede expresar matemáticamente, como se muestra en la Ecuación 5.

$$\text{Costo de material re trabajado} = \text{Costo de material re trabajado} \times \text{Costo por unidad} \quad (5)$$

Cantidad de Material Re trabajado: Cantidad de material que requiere una modificación para ser funcional.

Costo por Unidad de Material: Precio o costo de adquisición de cada unidad del material (en la misma unidad que la cantidad de material re trabajado).

- Quejas de cliente. La cantidad de quejas de cliente se representa matemáticamente como un valor absoluto. Es el número total de quejas recibidas durante un período específico.

Estas métricas seleccionadas están alineadas con los objetivos del proyecto y permitieron una evaluación cuantitativa de la eficiencia y calidad.

- Diseño de sistemas de control: Se desarrollaron sistemas y procedimientos para monitorear el rendimiento del proceso de manera constante.
- Capacitación y comunicación: El éxito de la etapa de control depende en gran medida de la colaboración y la comprensión de los equipos de trabajo involucrados. Por lo que se brindó capacitación sobre cómo utilizar los sistemas de control y cómo abordar problemáticas que puedan surgir en el entorno laboral buscando llegar a una solución ideal. La comunicación clara y efectiva es esencial para mantener a todos los involucrados informados y comprometidos en la sostenibilidad del proceso mejorado, por lo que se definieron frecuencias y

canales de comunicación para informar al equipo multidisciplinario los indicadores de desempeño y su comportamiento a lo largo del tiempo.

- Auditorías y mejora continua: Las auditorías regulares son una parte integral de la etapa de control. Se estableció la realización de evaluaciones semanales para evaluar la efectividad de los sistemas de control, la conformidad con los estándares y la consistencia en el rendimiento del proceso. Además, se estableció un ciclo de mejora continua en el que se revisan y optimizan los sistemas de control en función de los resultados obtenidos y de los cambios en el entorno operativo, así como revisiones semanales para identificar posibles problemas o desviaciones. En esta etapa se generó una plantilla a realizar, adaptación de la metodología 8D, para llevar a cabo se detecten fallas de manera interna en el área de control de calidad, o problemáticas en el área operativa, con la finalidad de encontrar soluciones a nuevas problemáticas, activando así el ciclo de la mejora continua.
- Acciones correctivas y preventivas: Si se detectan oportunidades en el proceso durante el monitoreo, análisis de causa raíz, auditorías, etc. se toman medidas correctivas y preventivas para evitar que los problemas se vuelvan a presentar en el futuro, y se da seguimiento hasta que están finalizadas para evaluar la efectividad.
- Documentación y mejora continua: Se documentaron todos los procedimientos de control y los resultados obtenidos. Además, se estableció un proceso de mejora continua para iterar y perfeccionar los sistemas de control y el proceso de acuerdo con las necesidades, retroalimentaciones, acciones preventivas y correctivas que surjan.

La etapa de "Controlar" en DMAIC busca garantizar que los beneficios de la mejora del sistema de calidad se mantengan a largo plazo y que los procesos operen de manera consistente y eficiente. Es la culminación del proceso DMAIC, donde se consolida el trabajo realizado a lo largo de las etapas anteriores y se asegura que los cambios implementados tengan un impacto duradero en la calidad y la eficiencia de los procesos.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian la efectividad de la metodología *DMAIC* en la mejora de los procesos productivos de la PYME estudiada. La reducción en los rechazos de piezas y los reportes de productos no conformes, junto con el incremento en la cantidad de material en buen estado según los indicadores de calidad interna, se tradujeron en ahorros significativos. Estos ahorros provinieron tanto de la disminución del material desperdiciado como de la menor necesidad de materias primas para reprocesar, lo que a su vez generó mayores ingresos para la empresa. Estos logros destacan la viabilidad de la metodología *DMAIC*, al ofrecer una planificación estructurada que facilita la identificación y abordaje de áreas de oportunidad, en organizaciones de característica PyMES.

La implementación de un sistema de control de calidad en PyMES eleva los estándares productivos, asegurando productos y servicios consistentes y de alta calidad que cumplen con las expectativas del cliente. Esto contribuye a una reducción de quejas y devoluciones, fortaleciendo la fidelidad de los clientes y mejorando la percepción de la empresa en el mercado. Además, los sistemas de control de calidad fomentan una cultura organizacional orientada a la mejora continua, incentivando la participación de los empleados en la identificación de problemas y en la búsqueda de soluciones innovadoras.

Un sistema de control de calidad no es sólo una herramienta para garantizar la conformidad de los productos, sino también una estrategia esencial para el crecimiento y la sostenibilidad de las PyMES en un mercado altamente competitivo. Su implementación representa una inversión con beneficios tangibles, tanto en la eficiencia operativa como en la percepción externa de la organización.

La metodología *DMAIC*, adoptada como estrategia principal en este estudio, se posiciona como un enfoque clave para el crecimiento, la competitividad y la sostenibilidad de las PyMES en un entorno empresarial dinámico. A través de sus cinco etapas (Definir, Medir,

Analizar, Mejorar y Controlar), esta metodología proporciona un marco sólido basado en datos para identificar áreas de mejora, establecer objetivos claros, desarrollar soluciones efectivas y garantizar la sostenibilidad de los cambios implementados. La implementación eficiente de *DMAIC* permitió a la empresa de estudio reducir costos, mejorar la calidad de sus productos y aumentar la satisfacción del cliente.

En conclusión, la adopción de la metodología *DMAIC* para empresas PyMES se revela como una estrategia fundamental para impulsar el crecimiento, competitividad y sostenibilidad en un entorno empresarial cada vez más dinámico y exigente. La metodología *DMAIC* brindó un enfoque estructurado y orientado a datos para abordar problemas y desafíos operativos dentro de las PyMES como se mostró en este caso de estudio. Además a través de sus cinco etapas interconectadas, las organizaciones pueden identificar áreas de mejora, establecer objetivos claros, recopilar y analizar datos relevantes, desarrollar soluciones efectivas y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los cambios implementados. Al adoptar este enfoque, las PyMES pueden lograr una mayor eficiencia en sus procesos, una reducción de costos, una mejora en la calidad de sus productos o servicios y una mayor satisfacción del cliente. Se alienta a futuras investigaciones a explorar en profundidad las variaciones y adaptaciones de la metodología *DMAIC* en diferentes entornos, con el objetivo de continuar expandiendo y enriqueciendo su aplicación en la búsqueda constante de la excelencia organizacional.

Uno de los aspectos más destacados de la metodología *DMAIC* es su capacidad para fomentar una cultura de mejora continua en las PyMES. Al involucrar a los empleados en todas las etapas del proceso, durante el desarrollo de esta investigación se promovió el compromiso, la colaboración y la innovación dentro de la organización. Además, la metodología *DMAIC* proporcionó un marco sólido para la toma de decisiones basada en datos, lo que permitió a la empresa evitar suposiciones infundadas y adoptar decisiones informadas y respaldadas por evidencia.

Sin embargo, es esencial reconocer que la implementación exitosa de la metodología *DMAIC* requiere un compromiso firme por parte de la alta dirección, la asignación de

recursos adecuados y la capacitación del personal en las herramientas y técnicas necesarias. Además, las PyMES deben adaptar la metodología a sus necesidades y recursos específicos, evitando la sobre complicación y centrando sus esfuerzos en los proyectos que tengan el mayor impacto en su rendimiento empresarial.

En última instancia, la metodología *DMAIC* ofrece a las PyMES la oportunidad de competir en igualdad de condiciones con empresas no sólo más grandes, sino, con procesos más controlados, por lo tanto, al implementar *DMAIC* de manera eficiente permite a las empresas mejorar sus procesos, optimizar su rendimiento y ofrecer productos o servicios de mayor calidad y a precios más competitivos. Al adoptar un enfoque sistemático y basado en datos para abordar los desafíos, las PyMES pueden fortalecer su posición en el mercado y mantenerse resilientes en un entorno empresarial en constante evolución.

REFERENCIAS

- Abney, A., Pelletier, M., Ford, T., y Horky, A. (2017). I hate your brand: adaptive service recovery strategies on Twitter. *Journal of Services Marketing*, 31(3), 281-294.
- Aceves, A. (2021). *Universidad Latina de América*. Recuperado el 21 de 01 de 2023, de <https://www.unla.mx/blogunla/la-importancia-de-la-capacitacion-institucional-como-adaptacion-a-la-nueva-normalidad>
- Altman, D. (1991). *Practical statistics for medical research*. 1st Edition. New York: Chapman and Hall.
- Anvari, A., Zulkifli, N. y Yusuff, R. (2011). Evaluation of Approaches to Safety in Lean Manufacturing and Safety Management Systems and Clarification of the Relationship Between Them. *World Applied Sciences Journal*, 15(1), 9-26.
- Arias L., Portilla, L. y Castano, J. (2008). Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia Et Technica*, XIV (38).
- Automotive Industry Action Group (AIAG) (2010). *Measurement Systems Analysis Reference Manual*, 4th edition. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force.
- Badii, M. y J. Castillo J. (2007). *Técnicas Cuantitativas en la Investigación*. UANL, Monterrey, México.
- Badii, M., Castillo J. y Wong A. (2006). Diseños de distribución libre. *Innovaciones de Negocios*, 3(1), 141-174.
- Badii, M., Castillo J., Rositas R. y Ponce G. (2007). *Experimental designs*, MacGraw.Hill.
- Barrera García, A., Cambra Díaz, A., y González González, J. A. (2017). Implementación de la metodología seis sigma en la gestión de las mediciones. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 8-17.
- Benzaquen, J. (2013). Calidad en las empresas latinoamericanas: El caso peruano. *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 7(1), 41-59.

- Berry, T. (1995). *Cómo gerenciar la transformación hacia la calidad total*, Colombia, Ed. McGraw-Hill.
- Betancourt, D. y Llerena, D. (2023) *Análisis de procesos y aplicación de control de calidad en la confección de indumentaria en denim para la fábrica Rinotex*. Ambato Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. Tesis
- Bribiescas F. y Romero I., (2014) *Gestión de certificación de calidad como factor de competitividad en el sector industrial de manufactura, en la región transfronteriza Cd. Juárez, Chihuahua México*. Revista Internacional Administración Finanzas, 7 (1), 113-13.
- Bunney, H. y Dale, B. (1997). The implementation of quality management tools and techniques: A study. The TQM Magazine, 9 (1), 183-189.
- Calderón, Á. y Ferraro, C. (2013), *Cómo mejorar la competitividad de la PYME en la Unión Europea y América Latina*. Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL.
- Camisón, C., Cruz, S., y González, T. (2006). *Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid. Pearson-Prentice Hall.
- Campos, R. y Rocha, R. (2009). “O controle estatístico de processos (CEP) para o monitoramento da qualidade do farelo de soja no processo do óleo de soja na empresa CAC”, NUPEM, 13.
- Carroll, C. (2013). *Six Sigma for powerful improvement: a green belt DMAIC training system with software tools and a 25-lesson course*, Boca Ratón Florida EE.UU.
- Çelikkol, Ş. y Bakir, A. (2022). Müşteri Memnuniyetini Etkileyen Faktörler Ve Müşteri Memnuniyetinin Müşteri Sadakati Üzerindeki Etkisi: Bir Vakıf Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencileri Üzerinde Uygulama. Dogus University Journal, 23(1), 127-148.
- Charbonneau, H. y Webster, G. (1983) *Control de calidad*, México, Interamericana.
- Cardozo, E., Velásquez, Y. y Rodríguez Monry, C. (2012). *La definición de PYME en América: una revisión del estado del arte*. 6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XVI Congreso de Ingeniería de Organización.

- Chiavenato, I. (2002) "Administración en los nuevos tiempos", Colombia, Ed. McGraw-Hill.
- Cordero, D. y Rodríguez, G. (2017). La inteligencia de negocios: una estrategia para la gestión de las empresas productivas. Revista Ciencia UNEMI, 10(23), 40-48.
- Crosby, P. (1979). Quality is free. The Art of Making Quality Certain. New York. McGraw-Hill.
- Cubillos, M. y Roza, D. (2009). El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad. Revista de la Universidad de La Salle, (48), 80-99.
- DATAtab Team (2023). DATAtab: Online Statistics Calculator. DATAtab e.U. Graz, Austria. URL <https://datatab.es>
- De Bertrand L. Hansen, Prabhakar M. Ghare 1990 Control de calidad: teoría y aplicaciones. Madrid. Ediciones Díaz de Santos.
- De Feo y Barnard, (2004) Juran Institute's Six Sigma Breakthrough and Beyond. Quality Performance Breakthrough Methods: Quality Performance Breakthrough Method. Institute, J. Mcgraw-hill.
- Delgado G. y Calsina W. (2019). Modelo de gestión por procesos para mejorar el desempeño en el área Agri-Food. Industrial Data. 22(2), 173-178.
- Demuner, M. y Mercado, P. (2011). Estrategia Competitiva y Tecnología de la Estructura Productiva en PyMEs Manufactureras de Autopartes del Estado de México. Estudio de Caso Múltiple. Panorama Socioeconómico, 29(42), 4-22.
- Domínguez, M. y Yarto, M. (2007). Seminario: Metodología de Aplicación de los Conceptos Corrugator. Mejoremos IDK efectuando IIP con la Adaptación de Conceptos de Lean Manufacturing. IACOR. México.
- Evans, J. y Lindsay, W. (2008). Administración y Control de la Calidad 7a. edición, México, Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Fabricky, W. y Torgensen P. (1966). Operations Economy: Industrial Applications of Operations Research. Universidad de Michigan. Prentice-Hall international series in management.

- Falkowski, P., & Kitowski, P. (2013). The 5S methodology as a tool for improving organization of production. PhD Interdisciplinary Journal, (3), 69-75.
- Felizzola, H. y Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 22(2), 263-277.
- Fernández, R. (2004). Gerencia: ¿Cómo mejorar en servicios profesionales? San José: Cámara Costarricense de la Construcción.
- Fleiss, J. (1981) Statistical Methods for Rates and Proportions. 1st Edition. London. John Wiley & Sons.
- Fuentes, H. y Álvarez I. (1998). Dinámica del proceso docente-educativo de la Educación Superior. Santiago de Cuba, CEES "Manuel F. Gran", Universidad de Oriente.
- Galgano, A. (1995) Los siete instrumentos de la calidad total. Editor Ediciones Díaz de Santos.
- Gándara, F. (2014). Herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. Conciencia Tecnológica (48), 17- 24.
- García, L. y Pelayo, F. (2008). Calidad en las organizaciones. México. Universidad Popular Autónoma de Puebla.
- Garvin, D. (1988). Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge. New York. The Free Press.
- Goetsch, D. y Davis, S. (1997) Introduction to Total Quality, quality management for production, processing, and services. New Jersey. Prentice Hall.
- Gómez F., Villar J. y Tejero M. (2003). Seis Sigma. Madrid. FC Editorial.
- Gómez, E. (2013) Cálculos de los costos de calidad en la unidad empresarial de base producciones varias, CIENFUEGOS Revista Científica "Visión de Futuro", (17), 114-131.
- Grocock, J. M. (1993). La Cadena de la calidad. Madrid España. Díaz de Santos.
- González, J. y Salas M. (2010). La acreditación como garantía de calidad. Importancia de las auditorías internas de control Salud en Tabasco, 16 (2-3), 905-920.

- González, O., y Arciniegas, J. (2016). Sistema de gestión de calidad: Teoría y práctica bajo la norma ISO. Bogotá. Ecoe Ediciones.
- Grima, P., Almagro, Ll., Santiago, S. y Tort-Martorell, X. (2014): Six Sigma: hints from practice to overcome difficulties. Total Quality Management & Business Excellence, 25 (3-4),198-208.
- Gryna F., Chua R. y DeFeo J. (2007). Método Juran. Análisis y planeación de la calidad. México. McGraw-Hill Interamericana.
- Gutiérrez, H. y de la Vara, S. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. Edición 2. México, D. F. Editorial McGraw-Hill.
- Gutiérrez, S. y Rubio, M. (2010), Relación entre gestión de la calidad total y dirección de recursos humanos en la PYME. La necesidad de un cambio en la cultura. Revista Internacional de la Pequeña y Mediana Empresa, 2, 1-22.
- Hellsten y Klefsjö, 2000; Hellsten, U. y Klefsjö, B. (2000), "TQM as a management system consisting of values, techniques and tools", The TQM Magazine, 12(4), 238-244.
- Hernández, L., Romero, J., Lopez, Y., Sánchez, A. y Mendoza, D. (2021). Lean Healthcare y DMAIC para mejorar el proceso de suministro en un hospital público. DYNA management, 9(1), 20.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. Santa Fe, México. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Heskett, J., Sasser, E., Martínez, I., Hart, C. (1993) Cambios creativos en servicios. Ediciones Díaz de Santos.
- Hilton, R. y Sohal, A. (2012). A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. International Journal of Quality & Reliability Management, 29 (1), 54-70.
- Hitt M., Ireland, A., y Hoskisson R. (2003). Administración Estratégica. México. Editorial Thomson
- Hultman, V. (2016). Capability study and measurement system analysis: A case study at bosch rexroth AB (Tesis, Luleå tekniska universitet, Institutionen för

ekonomi, teknik och samhälle). <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-170>.

- Ilzarbe, L. y Baguer, A. (2016). Calidad para competir – El poder real del cliente. España. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Imai, M. (2006). “¿Qué es el Total Flow Management bajo el enfoque Kaizen?”, Kaizen Institute. Total Flow Management, Barcelona.
- INEGI, (2019). Esperanza de vida de los negocios a nivel nacional y por entidad federativa. Recuperado del sitio web: https://www.inegi.org.mx/temas/evnm/doc/evn_ent_fed.pdf
- Ishikawa, K. (1994). Introducción al Control de Calidad. Madrid. España. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Ishikawa, K. (1982) Título Guide to Quality Control. Industrial engineering and technology. Edición 2. Tokio. Asian. Productivity Organization.
- Ishikawa, K. (1985). Control Total de la Calidad. Tokio. Editorial Asia. Productividad Organizacional.
- Ishikawa, K. (1990) Introduction to Quality Control. Universidad de California. Taylor & Francis.
- Jonassen, D. y Remídez, H. (2005). Mapping alternative discourse structures onto computer conferences. International Journal Knowledge and Learning, 1(1- 2), 113.
- Juárez, K., Cordova J., Merino M., y Córdova N. del R. (2021): Plan de mejora basado en la metodología 5s para optimizar la productividad del almacén azucarera agro Pucalá S.A.A. Perú. UCV - Hacer: Revista de Investigación y Cultura, Vol. 10, Nº. 1. 59-68.
- Juran, J.M. (1981). Planificación y análisis de la calidad. La calidad como filosofía de gestión. México. McGraw-Hill.
- Kauffman, S. (2001), El desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas: un reto para la economía mexicana. [En línea: www.uv.mx/iiesca/revista2001-1/empresas.htm
- Kume, H. (1985). Statistical methods for quality improvement. Tokyo: AOTS.

- Laguna, M., y Palacios, A. (2009). La calidad percibida como determinante de tipologías de clientes y su relación con la satisfacción: Aplicación a los servicios hoteleros. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 18(3), 189-21
- Lauras, M., Marques, G. y Gourc, D. (2010) Towards a multi-dimensional project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*. 48, 342- 353
- Lima J. y Colmenarez, M. (2014). Gestión de calidad y toma de decisiones en pyme's del sector de medios impresos regionales del estado de Lara, Venezuela. *Revista Científica Compendium*, 17 (32), 27-53.
- Lloréns, F., Molina, L. y Fuentes, Ma. (2002), Calidad total: una investigación comparativa atendiendo a la dimensión empresarial. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 2, 119-132.
- Luca, L. (2016) A New Model of Ishikawa Diagram for Quality Assessment, 20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference, IOP Publishing Ltd, Kallithea, Grecia.
- Luu, V., Kim, S., y Huynh, T. (2008). Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach. *International Journal of Project Management*, 26(7), 758-769.
- Manzano, M. y Gisbert, S. (2016) Lean Manufacturing: Implantación 5s. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 5(4),16-26.
- Saderra, J. (1994). La calidad total (secreto de la industria japonesa), Barcelona. Técnicas Rede
- Martínez C. (2012). Estadística y muestreo. 13ª. Edición. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Martínez, J. (2018). Control de calidad. Universidad Oberta de Catalunya
- Martínez S., García J., Guerrero J. (2018). Sistema de gestión de calidad y certificación ISO 9001:2008-Limitantes y desafíos para las Pymes Quality management system and ISO 9001:2008 certification-Barriers and challenges to SMEs. *Revista Espacios*. 39.
- McCarty, T., Bremer M. y Daniels L. (2005). Six Sigma black belt handbook. México. McGraw Hill.

- McClure, C. (2001). Performance measures and quality standards. Disponible: <http://www.library.arizona.edu/library/teams/perf/measurements>.
- Méndez G., J., Jaramillo V., D., & Serrano C., I. (2006). *Gestión de la calidad en procesos de servicios y productivos*. México. Instituto Politécnico Nacional.
- Michalska, J. & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211-214.
- Mohr, W. y Mohr, H. (1983) *Quality circles. Changing images of people at work*. Menlo Park California Addison Wesley publishing Company.
- Molina, Alonso. 2017. conexionesan. [En línea] Julio 14, 2017. recuperado de: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/07/cual-es-el-impacto-de-la-capacitacion-del-personal-en-la-organizacion/>.
- Montgomery, D. (2004) *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- Montgomery, D. (2004), *Introduction to statistical quality control*, Pennsylvania. Hoboken, N.J., 200
- Moosa, K. y Sajid, A. (2010): "Critical analysis of Six Sigma Implementation". *Total Quality Management*, 21(7), 745-759.
- Neely, A. (2005), "The evolution of performance measurement research: Developments in the last decade and a research agenda for the next", *International Journal of Operations & Production Management*, 25 (12), 1264-1277.
- Neely, A., Richards, H., Mills, J., Platts, K., y Bourne, M. (1997). Designing performance measures: A structured approach. *International Journal of Operations and Production Management*, 17(11), 1131-1152.
- Novillo, E., González, E., Labanda, D., Salcedo, V. (2017) *Herramientas de la calidad: estudio de caso Universidad Técnica de Machala*. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 3 (42), 1-16.
- OEA-GTZ (2001), *Gestión de la Calidad en Pequeñas y Medianas Empresas*. Colombia, Memoria del Proyecto Copatrocinado por OEA y GTZ.
- Ohno, T. (1997) *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. São Paulo. Bookman.

- Ordoñez, A. (2014). Control de la calidad del producto semielaborado. Primera edición. Málaga. IC Editorial.
- Orellana, P. (2020). Control de calidad. Economipedia.com
- Ozeki, H. y Asaka, T. (1992). Manual de herramientas de control de calidad, el enfoque japónes. Madrid. Tecnologías de gerencia y producción.
- Paredes, M. (2021). Mejora del proceso de atención de incidentes de servicios de internet de clientes corporativos en una empresa de telecomunicaciones utilizando la metodología DMAIC - six sigma. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Tesis de maestría.
- Penacho, J. (2000): "Evolución histórica de la calidad en el contexto del mundo de la empresa y del trabajo", Fórum Calidad, (116-117), 59-64, 67-71.
- Peña, D. y Prat, A. (1990). Como controlar la calidad, instituto de la pequeña y mediana empresas industrial, Madrid España.
- Pérez J.; Patiño, C. y Úsuga, O. (2010). Grupo de investigación Gestión de la Calidad, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, Medellín-Colombia.
- Pérez, E; y García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Tecnología en Marcha, 27 (3), 88-106.
- Pérez, L., Pérez, J., García L. y Gómez, P. (2020) "Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad", Mundo Fesc, 10 (19), 55-66.
- Pérez, O. (2016). Peoplenext. [En línea] mayo 24, 2016. [Citado el: julio 2019, 22.] [https://blog. peoplenext.com.mx/gestion-del-talento-humano-en-la-empresa-y-su-importancia](https://blog.peoplenext.com.mx/gestion-del-talento-humano-en-la-empresa-y-su-importancia).
- Peters, T. y Waterman, R.H. (1982). In search of excellence. Cambridge: M.A. Harper y Row Publisher.
- Pizarro, S., Pozo, S. y Díaz, A. (2017). El control de calidad en empresas auditoras pequeñas y medianas en Manabí, Ecuador. Cofin Habana, 11(2), 344-353.
- Powell, T. (1995). Total Quality Management as Competitive Advantage: A Review and Empirical Study. Strategic Management Journal, 16(1), 15–37.

- Prahushankar, G.V., Devadasan, S., Shalij, P. (2008) The origin, history and definition of Six Sigma: a literature review. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage (IJSSCA)*, 4 (2).
- Pyzdek T. y Keller P. (2010), *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels.*, New York. McGraw-Hill.
- Ramírez Uresti, A. (2019). *FORBES México*. Recuperado el 19 de 01 de 2023, de <https://www.forbes.com.mx/capacitacion-y-mercado-laboral-en-mexico/>
- Rey, F. (2005). *Las 5 S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid. Fundación CONFEMETAL.
- Ritchie, L. y Dale, B. (2000), "Self-assessment using the business excellence model: A study of practice and process", *International Journal of Production Economics*, 66(3), 241-254. Rodarte, O. y Bribiescas, F. (2013), El proceso de certificación de gestión de calidad en las pymes de la región fronteriza de cd. Juárez, Chih. México como estrategia competitiva. *Revista global de negocios*, 2, 117-127.
- Rodríguez, Á., Bañuelos, K.; Rubio, B. y Chávez, J. (2010), Factores internos que afectan la competitividad de las empresas de la zona Sur de Tamaulipas. *Revista Ingeniería de la Industrial*, 4, 1-13.
- Santamaría, V. 2005. Implementación de Seis Sigma en la línea de producción de queso mozzarella en la Compañía Del Campo Ltda. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Zamorano, Honduras. 38 p.
- Schön, K., Bergquist, B. y Klefsjö, B. (2010), "The consequences of Six Sigma on job satisfaction: a study at three companies in Sweden", *International Journal of Lean Six Sigma*, 1, 99 - 118.
- Silva, J., Macías, B., Tello E., y Delgado, J. (2021). La relación entre la calidad en el servicio, satisfacción del cliente y lealtad del cliente: un estudio de caso de una empresa comercial en México. *CienciaUAT*, 15(2), 85-101.
- Stephens, B. (1997). "Implementation of ISO 9000 or Ford's Q1 award: effects on organizational knowledge and application of TQM principles and quality tools". *The TQM Magazine*, 9 (3), 190-200.

- Sommerville I. (2005), "Ingeniería del Software", Séptima edición, México DF, Editorial Pearson.
- Stevenson, W. y Mergen, E. (2006), Teaching Six Sigma Concepts in a Business School Curriculum. *Total Quality Management*, (17), 751-756.
- Tinoco, O., Tinoco F. y Moscoso, E. (2016). Aplicación de las 5S para mejorar la percepción de cultura de calidad en microempresas de confecciones textiles en el Cono Norte de Lima. *Industrial Data*, 19(1), 33-37.
- Toledano De Diego, A., Mañes Sierra, N., & García, S. J. (2009). "Las claves del éxito de Toyota". *LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. Cuadernos de Gestión*, 9(2), 113-122.
- Treviño, R. y Treviño, E. (2021) Análisis entre imagen de la tienda y satisfacción del cliente en tiendas minoristas transnacionales en el sector autoservicio. *Estudios Gerenciales*, 37(161), 556-565.
- Unterreiner, J. y Gisbert, V. (2019). Pequeñas y medianas empresas y la norma ISO 9001. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(3), 84-97.
- Van Der Wiele, A., Williams, A., Dale, B. y Carter, G. (1996), "Quality management self-assessment: an examination in European business", *Journal of General Management*, 22(1), 48-67.
- Velásquez, E. (2022). Gestión del proceso de capacitación en las áreas soporte de negocio en una empresa contratista de minería y construcción en Lima. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 132-154.
- Vivanco, M. (2005) Estadístico. Diseño Y Aplicaciones. Textos universitarios. Editor Editorial Universitaria.
- Wang, F. (2013). An Assessment of Gauge Repeatability and reproducibility with multiple characteristics. *Journal of testing and evaluation*, 41, 651-658.
- Wang, F., y Yang, C. (2007). Applying principal component analysis to a GR&R study. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 24, 182-189.