Estandarización y mejoramiento del plan de control de calidad para los procesos de mecanizado y corte bajo el estándar ISO 9001:2015 de la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S.

Estefania Florez Barón.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería Industrial.

Director:

Gonzalo Alberto Diaz Ruiz.

Magister en Producción y Operaciones.

Tutor:

Milton Javier Ortega Barbosa.

Ingeniero Metalúrgico.

Universidad Industrial de Santander.

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

Ingeniería Industrial.

Bucaramanga.

2026.

Dedicatoria.

A Dios, quien sostuvo mi fe en los momentos de dificultad, me dio fortaleza para no rendirme y guio cada uno de mis pasos durante este camino.

A mi mamá, Claudia, el motor de mi vida, quien con su amor, esfuerzo y sacrificio ha hecho todo lo posible para que nunca nos falte nada. Cada decisión importante que he tomado ha sido pensando en ella y en el deseo de hacerla sentir orgullosa. Soy quien soy gracias a su ejemplo, dedicación y amor incondicional.

A mi papá, Edgar, por su compañía, apoyo y presencia a lo largo de mi vida. A mis hermanos, Daniel y Santiago, quienes han crecido junto a mí y han compartido muchos momentos que han dejado huella en mi corazón.

Y a mi madrina, Amparo, quien me animó a estudiar una carrera profesional y puso su confianza en mí desde el inicio.

Este logro no es únicamente mío, también les pertenece a ustedes, porque su amor, confianza, apoyo y compañía hicieron posible que alcanzara esta meta.

Agradecimientos.

Mi agradecimiento al docente Gonzalo, director de este proyecto, por acompañarme durante estos meses con dedicación y compromiso. Gracias por compartir su conocimiento, brindarme orientación en cada etapa del proceso y, especialmente, por sus palabras de ánimo y reconocimiento en aquellos momentos en los que sentía que no iba a ser capaz de lograrlo.

A Daniela, mi mejor amiga, por acompañarme desde el colegio, crecer a mi lado y estar presente en cada momento difícil. También a su familia, que me ha acogido con cariño y se ha convertido en una segunda familia para mí.

A Luis, mi gran amigo, por su apoyo incondicional y por creer siempre en mí, incluso en aquellos momentos en los que yo misma dudaba.

A la Universidad Industrial de Santander, por contribuir a mi formación profesional y personal. A cada uno de los docentes que hicieron parte de este camino académico, gracias por las enseñanzas, experiencias y conocimientos.

A Metalcort, por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas y permitirme aportar al mejoramiento de la empresa. Gracias por la confianza depositada en mí y por hacerme sentir parte de la empresa.

De manera especial, agradezco a Fabián, Edna y Sergy, quienes fueron mis compañeros durante esta experiencia e hicieron que este proceso fuera más ameno. De igual forma, extiendo mi gratitud a todas las personas que hacen parte de la empresa, por su disposición para enseñarme y orientarme.

Pág.

Tabla de contenido

Introducción. 11

1. Planteamiento del problema. 12

1.1. Antecedentes. 12

1.2. Pregunta de investigación. 14

1.3. Justificación. 14

2. Objetivos. 16

2.1. Objetivo general. 16

2.2. Objetivos específicos. 16

3. Diagnóstico inicial. 16

3.1. Diagnóstico estratégico. 17

3.1.1. Contextualización de la empresa. 17

3.1.2. Misión. 18

3.1.3. Visión. 18

3.1.4. Prestación de servicios. 18

3.1.5. Segmento del mercado. 19

3.1.6. Análisis de indicadores. 20

3.1.7. Matriz DOFA. 21

3.2. Diagnóstico operativo. 23

3.2.1. Diagramas de flujo de los procesos. 23

3.2.2. Indicadores del proceso. 26

3.2.3. Balanceo de tiempos en la línea de los procesos. 27

3.2.4. Observación directa en planta. 29

3.2.5. Cumplimiento de requisitos normativos. 30

4. Marco de referencia. 35

4.1. Marco de antecedentes. 35

4.2. Marco teórico. 39

4.2.1. Prioridades competitivas. 39

4.2.2.Gestión de la calidad. 41

4.2.3. Norma ISO 9001:2015. 47

4.2.4. Plan de control de calidad en metalmecánicas bajo norma ISO 9001:2015. 48

5. Metodología. 50
5.1. Objetivo específico 1: Elaboración del diagnóstico. 51
5.2. Objetivo específico 2: Revisión de la literatura. 51
5.3. Objetivo específico 3: Diseño del plan de control de calidad. 52
5.3.1. Etapa 1: Establecimiento de objetivos y estándares de calidad. 52
5.3.2. Etapa 2: Caracterización y mapeo de procesos. 53
5.3.3. Etapa 3: Análisis de problemas y causas de no conformidad. 53
5.3.4. Etapa 4: Definición de roles, responsabilidades y estructura del equipo. 54
5.3.5. Etapa 5: Diseño de los procedimientos de inspección, prueba y muestreo. 55
5.3.6. Etapa 6: Diseño del sistema de documentación y registros. 56
5.4. Objetivo específico 4: Validación del plan de control de calidad. 58
5.4.1. Etapa 7: Planificación de recursos y plazos. 58
5.4.2. Etapa 8: Implementación y validación de efectividad. 58
5.4.3. Etapa 9: Establecimiento de mecanismos de mejora continua. 60
6. Desarrollo metodológico. 60
6.1. Establecimiento de objetivos y estándares de calidad. 61
6.2. Caracterización y mapeo de procesos. 63
6.3. Análisis de problemas y causas de no conformidad. 68
6.4. Definición de roles, responsabilidades y estructura del equipo. 73
6.5. Diseño de los procedimientos de inspección, prueba y muestreo. 74
6.6. Diseño del sistema de documentación y registros. 77
6.7. Planificación de recursos y plazos. 80
6.8. Implementación y validación de efectividad. 82
6.9. Establecimiento de mecanismos de mejora continua. 90
7. Limitaciones. 91
8. Conclusiones. 91
9. Recomendaciones. 93
Referencias bibliográficas

Lista de tablas.

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos 12
Tabla 2. Análisis de tiempos mecanizado 28
Tabla 3. Actividades criticas corte 29
Tabla 4. Criterios para la calificación de ítems ISO 9001:2015 31
Tabla 5. Resultados de cumplimiento del Check List 31
Tabla 6. Respuestas de la encuesta 33
Tabla 7. Revisión de literatura 36
Tabla 8. Hilo conductor 39
Tabla 9. Herramientas para elaborar un plan de control de calidad 44
Tabla 10. Vacío del conocimiento 49
Tabla 11. Indicadores de calidad 62
Tabla 12. Matriz de características críticas 66
Tabla 13. Matriz de diseño del control 71
Tabla 14. Matriz RACI 73
Tabla 15. Parámetros del plan de muestreo por atributos según MIL-STD-105E 76
Tabla 16. Formatos diseñados y/o rediseñados 78
Tabla 17. Plan de reacción 80
Tabla 18. Presupuesto de la implementación del PCC 81
Tabla 19. Cronograma de implementación del PCC 82
Tabla 20. Hallazgos Mayo 82
Tabla 21. Hallazgos Junio 83
Tabla 22. Hallazgos Julio 84
Tabla 23. Hallazgos Agosto 84
Tabla 24. Comparación de resultados 85
Tabla 25. Resultados de cumplimiento del Checklist 88

Lista de figuras.

Figura 1. Resultados segmento de mercado 20

Figura 2. Matriz DOFA 22

Figura 3. Diagrama de flujo mecanizado 23

Figura 4. Diagrama de flujo corte 25

Figura 5. Balanceo de tiempos en mecanizado 27

Figura 6. Balanceo de tiempos en corte 28

Figura 7. Etapas elaboración plan de calidad 42

Figura 8. Diagrama SIPOC de mecanizado 64

Figura 9. Diagrama SIPOC de corte 65

Figura 10. Diagrama de Pareto 68

Figura 11. Diagrama de Ishikawa 69

Figura 12. Comparación de resultados 85

Figura 13. Comparación de resultados del indicador porcentaje de instrumentos verificados. 86

Figura 14. Comparación de resultados de cumplimiento del Checklist. 88

Lista de Apéndices.

Los apéndices se encuentran adjuntos en una carpeta y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS.

Apéndice A: Check list ISO 9001:2015

Apéndice B: Diseño de encuesta

Apéndice C: Resultados de encuesta

Apéndice D: Hallazgos de auditoría

Apéndice E: Resultados Checklist ISO 9001

Apéndice F: Aplicación real formatos de medición

Apéndice G: Lista de asistencia

Resumen.

Título: Estandarización y mejoramiento del plan de control de calidad para los procesos de mecanizado y corte bajo el estándar ISO 9001:2015 de la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S.[*]

Autor: Estefania Florez Barón. [**]

Palabras clave: Control de calidad, ISO 9001:2015, mejora continua, metalmecánica, Gestión de calidad.

Descripción: El presente proyecto de grado se desarrolló en Metalcort S.A.S, empresa santandereana del sector metalmecánico dedicada al mecanizado y corte de productos, a partir de la necesidad de fortalecer y mejorar los procesos de gestión y control de la calidad, debido a las deficiencias identificadas en las áreas de calidad y producción. Por lo anterior, se diseñó e implementó un Plan de Control de Calidad bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015, orientado a la estandarización de las actividades de inspección, control y seguimiento de los procesos.

Para el desarrollo del proyecto se establecieron nueve etapas, iniciando con un diagnóstico de los procesos de calidad y producción, en el cual se utilizaron herramientas de análisis como el diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa y metodología de los 5 porqués, con el objetivo de identificar las principales causas asociadas a los problemas priorizados. A partir de los resultados del diagnóstico, se implementó un sistema de muestreo por atributos basado en la norma MIL-STD-105E, un plan de reacción ante NC y los indicadores de calidad. Finalmente, se realizó la validación del plan mediante la comparación de los indicadores de calidad en la etapa de implementación frente a la línea base establecida en los meses de mayo y junio de 2026.

Los resultados obtenidos evidenciaron una reducción del 38,5 % en el total de hallazgos de calidad entre el periodo de línea base y el periodo de implementación, con disminuciones del 60% en las salidas no conformes, 50% en los reprocesos y 14,3% en los desechos, además del cumplimiento sostenido del 100% del indicador de verificación de instrumentos de medición durante los cuatro meses analizados. Asimismo, se observó un incremento en el cumplimiento de los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 en los capítulos de Apoyo, Operación y Mejora, correspondientes a aumentos del 13%, 25% y 12%, respectivamente. De esta manera, la implementación del Plan de Control de Calidad permitió fortalecer la estandarización de las actividades de inspección y control, contribuyendo a una mejora medible en el desempeño de calidad y en el cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma.

[*] Trabajo de Grado.

[**] Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Gonzalo Alberto Diaz Ruíz.

Abstract.

Title: Standardization and improvement of the quality control plan for machining and cutting processes at Metalcort Ingeniería S.A.S. in accordance with the ISO 9001:2015 standard.*

Author: Estefania Florez Barón.**

Keywords: Quality control, ISO 9001:2015, continuous improvement, metalworking industry, Quality management.

Description: This degree project was carried out at Metalcort S.A.S., a metalworking company based in Santander dedicated to product machining and cutting. The project arose from the need to strengthen and improve quality management and control processes, addressing deficiencies identified in the quality and production areas. Consequently, a Quality Control Plan was designed and implemented in accordance with NTC ISO 9001:2015 guidelines, aiming to standardize process inspection, control, and monitoring activities.

The project was structured into nine stages, beginning with a diagnosis of quality and production processes. Analytical tools such as the Pareto chart, Ishikawa diagram, and the "5 Whys" methodology were employed to identify the root causes of prioritized problems. Based on the diagnostic results, the company implemented an attribute sampling system (based on the MIL-STD-105E standard), a non-conformity (NC) reaction plan, and quality indicators. Finally, the plan was validated by comparing quality indicators from the implementation phase against the baseline established during May and June 2026.

The results showed a 38.5% reduction in total quality findings between the baseline and implementation periods, with decreases of 60% in non-conforming outputs, 50% in rework, and 14.3% in waste, alongside sustained 100% compliance with the measuring instrument verification indicator throughout the four months analyzed. Furthermore, an increase in compliance with NTC ISO 9001:2015 requirements was observed in the Support, Operation, and Improvement sections, representing increases of 13%, 25%, and 12%, respectively. Thus, the implementation of the Quality Control Plan strengthened the standardization of inspection and control activities, contributing to measurable improvements in quality performance and compliance with the standard's requirements.

* Project of grade.

** Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Gonzalo Alberto Diaz Ruíz.

Introducción.

En un entorno en crecimiento y cada vez más competitivo como el industrial, la calidad se ha convertido en un factor fundamental y determinante para la sostenibilidad de las empresas en el sector metalmecánico. Organizaciones dedicadas al mecanizado y corte se enfrentan al reto de garantizar calidad y conformidad en sus productos y/o servicios frente a requisitos técnicos cada vez más exigentes en un contexto donde la ausencia de sistemas de control de la calidad estandarizados genera reprocesos, pérdidas económicas e insatisfacción del cliente.

Metalcort Ingeniería S.A.S., es una empresa colombiana especializada en servicios de precisión de mecanizado y corte, en la actualidad está certificada bajo la trinorma: ISO 9001, 14001 y 45001, afirmando su compromiso con la mejora continua, sin embargo, el diagnóstico inicial realizado en la empresa evidenció brechas significativas frente a los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 en materia de inspección, planificación de la producción y control de calidad, lo que pone en riesgo la certificación del SGC.

El presente proyecto tiene como propósito diseñar un plan de control de calidad para los procesos de mecanizado y corte, las variables de estudio son la estandarización de los procesos de control e inspección y el desempeño de los procesos productivos, medidas a través de indicadores de calidad y resultados del muestreo por atributos. El proyecto se enfoca en el cumplimiento de cuatro objetivos: diagnóstico, revisión de literatura, diseño del plan de control de calidad y validación, cuyo resultado final es un instrumento de gestión aplicable y alineado con los estándares internacionales de calidad.

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos.

Objetivos	Cumplimiento
Realizar el diagnóstico de la empresa respecto al control de la calidad, la inspección y la planificación de la producción en las áreas de mecanizado y corte alineado con la ISO 9001:2015.	Capítulo 3.
Elaborar una revisión del estado del arte con el propósito de identificar los métodos, enfoques, metodologías y herramientas utilizados para el mejoramiento de la calidad, asimismo analizar las ventajas, alcances, variables y limitaciones presentes en los distintos modelos existentes para la gestión de la calidad.	Capítulo 4.
Diseñar el plan de control de calidad basado en los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 que caracterice los formatos, la planificación de la producción, el procedimiento de muestreo y los indicadores del proceso.	Capítulo 6, subcapítulos del 6.1 al 6.6.
Validar el plan de control de calidad propuesto mediante aplicación directa en los procesos de mecanizado y corte de la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S.	Capítulo 6, subcapítulo 6.8.

1. Planteamiento del problema.

1.1. Antecedentes.

El sector metalmecánico es altamente competitivo, según Porter (Citado por Labarca, N., 2007), la competitividad es la capacidad de una empresa para producir y vender productos en mejores condiciones de precio, calidad y oportunidad que su competencia, asegurando posicionamiento en el mercado.

Las empresas deben definir sus prioridades competitivas, para utilizarlas como ventaja frente a otras empresas del sector; las prioridades competitivas son factores clave que determinan el éxito a nivel global, estas prioridades incluyen la calidad, el costo, la flexibilidad, el cumplimiento de las entregas y la innovación, se denomina estrategia de fabricación; estos aspectos son cruciales para satisfacer las necesidades del cliente y mantenerse competitivos. (Sinergia Académica, 2024; Lin et al., 2014).

La competitividad y la calidad están directamente relacionadas, mediante la Gestión de la Calidad se puede lograr ser altamente competitivos en la industria, asegurar un servicio o producto de calidad, reduce los costos, aumenta la productividad y el crecimiento de la organización, por esta razón, la implementación de la mejora continua tiene un papel importante en la competitividad empresarial. (Pérez et al., 2021).

López (Citado por Urbina Garzón, A., 2023) señala que la calidad a lo largo de los procesos de fabricación, desde el diseño hasta su liberación, reduce la aparición de no conformidades, reprocesos, desperdicios, reinspecciones, horas extras y demás, aumentando la productividad y eficiencia en los procesos productivos de las empresas.

Para Torres, Enciso & García, (Citado por Urbina Garzón, A., 2023) el sector metalmecánico genera una gran diversidad de bienes y servicios, los cuales se constituyen, en su mayoría, en insumos y componentes clave para un conjunto amplio de industrias relevantes, como el sector automotriz, la aeronáutica o el sector energético. Por lo tanto, es fundamental asegurar la calidad de estos productos y servicios, para el correcto funcionamiento de las organizaciones y el crecimiento en el sector.

En este tiempo de constante innovación y cambios en las expectativas de los clientes, las empresas logran ser exitosas a largo plazo si cuentan con un SGC eficaz, asegurando así satisfacer las necesidades de los consumidores y ofrecer productos y servicios de alta calidad, previniendo defectos y reduciendo costos asociados a los retrabajos y desperdicios; en este sentido, contar con una certificación en ISO 9001:2015 genera confiabilidad en la empresa y en una industria tan competitiva como la metalmecánica se convierte en una ventaja. (Sistemas de Gestión de la Calidad, 2024).

Metalcort, la empresa metalmecánica en la que se llevará a cabo el proyecto de grado, cuenta con certificación bajo la Norma Técnica Colombiana ISO 9001:2015, estando próxima a ser recertificada, se evidencian dificultades operativas en las áreas de mecanizado y corte. Se identificaron problemas en la planificación de la producción, la inspección durante el proceso y el control operacional, esto se ve reflejado en los tiempos de entrega largos, la insatisfacción de los clientes, la falta de tiempo para llevar una trazabilidad en el SGC, paradas inesperadas en las máquinas para iniciar un pedido atrasado, el uso constante de horas extras y la rotación frecuente del personal, consecuencias de la falta de estandarización y uso de herramientas operativas que a futuro pueden afectar las ventas, la fidelidad de los clientes, la reputación de la empresa e incluso la pérdida de la certificación; aunque la empresa cuenta con certificación en calidad, existe una brecha entre lo planificado en el SGC y lo aplicado en la producción, limitando así el aseguramiento de la calidad.

1.2. Pregunta de investigación.

Lo que nos lleva a la pregunta de investigación, ¿Cómo el diseño e implementación de un plan de control de calidad, estructurado bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015, contribuye al mejoramiento de la estandarización, trazabilidad y control de los procesos de mecanizado y corte en la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S.?

1.3. Justificación.

La ISO 9001:2015 establece en sus numerales 8.1 y 8.6 que la organización debe planificar, implementar y controlar los procesos, así como asegurar que la liberación de los productos se dé, únicamente cuando se hayan completado las disposiciones planificadas. Por lo tanto, resulta importante que cada uno de los productos y servicios ofrecidos por Metalcort, tengan una trazabilidad clara, desde la recepción de la materia prima, hasta la liberación del producto,

asegurando el control y seguimiento en cada una de sus etapas, ya que la trazabilidad proporciona un mecanismo fundamental para el control absoluto de la calidad y la gestión eficaz en la producción. (Schuitemaker, R. & Xu, X. 2020).

En este sentido, el proyecto se centra en los numerales 7, 8 y 10 de la ISO 9001:2015, siendo estas apoyo, operación y mejora continua, respectivamente; aplicadas en las áreas de mecanizado y corte, considerando que gran parte de la rentabilidad de la empresa proviene de estas áreas, alcanzando cifras de hasta $9.433.055.103 para el año 2025, donde la calidad se convierte en un factor de suma importancia para asegurar sostenerse en el tiempo y satisfacer las necesidades de los clientes. (Metalcort Ingeniería S.A.S, 2026).

En la industria, la no calidad se detecta fácilmente por los clientes y es una situación indeseada para las empresas que quieren permanecer en el sector, por lo tanto, resulta importante la inversión en la calidad, poner a disposición los recursos necesarios para llevar a cabo actividades que prevengan errores en el proceso, asegurando la mejora continua en la empresa, ya que la inversión en la gestión de la calidad puede promover un crecimiento sostenible. (Klimecka, 2024).

En este sentido, Furterer y Wood (2021) señalan que el plan de control de calidad es una herramienta operativa que traduce los requisitos del sistema de gestión en actividades concretas de inspección, medición, registro y control, permitiendo cerrar la brecha entre lo documentado en el sistema y su aplicación real en planta.

En consecuencia, el enfoque de este proyecto de grado consistirá en el diseño del plan de control de calidad, incluidos los formatos, la planificación de la producción, el plan de muestreo y los indicadores a medir que permitirán la mejora en la conformidad de los productos, el fortalecimiento de la inspección del proceso y del control operacional, logrando la sostenibilidad de la certificación ISO 9001:2015 y la mejora continua de Metalcort.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo general.

Diseñar e implementar mejoras en el plan de control de calidad de los procesos de mecanizado y corte de la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S, bajo los requisitos de la NTC ISO 9001:2015.

2.2. Objetivos específicos.

1. Realizar el diagnóstico de la empresa respecto al control de la calidad, la inspección y la planificación de la producción en las áreas de mecanizado y corte alineado con la ISO 9001:2015.
2. Elaborar una revisión del estado del arte con el propósito de identificar los métodos, enfoques, metodologías y herramientas utilizados para el mejoramiento de la calidad, asimismo analizar las ventajas, alcances, variables y limitaciones presentes en los distintos modelos existentes para la gestión de la calidad.
3. Diseñar el plan de control de calidad basado en los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 que caracterice los formatos, la planificación de la producción, el procedimiento de muestreo y los indicadores del proceso.
4. Validar el plan de control de calidad propuesto mediante aplicación directa en los procesos de mecanizado y corte de la empresa Metalcort Ingeniería S.A.S.

3. Diagnóstico inicial.

El diagnóstico inicial se realizó con la finalidad de analizar el estado del SGC de Metalcort Ingeniería S.A.S., identificar las brechas existentes frente a los requisitos de la norma ISO 9001:2015 y determinar las oportunidades de mejora en las áreas de mecanizado y corte. Esto mediante herramientas cualitativas y cuantitativas que permitieron recolectar información desde

distintas perspectivas dentro de la empresa, teniendo en cuenta que para las grandes empresas el éxito proviene de tener altos niveles de calidad en el producto y en los empleados, esto se logra por medio de un proceso de mejora continua que no tiene fin. (Jiménez, G., 2014).

El diagnóstico se realizó en dos partes: Diagnóstico estratégico, para evaluar la situación de la empresa, esto incluye un análisis tanto interno como externo. (Jiménez et al., 2021) y el diagnóstico operativo, que ayuda a detectar las oportunidades, debilidades y fortalezas en los procesos de la empresa y que afectan la productividad. (Rojas et al., 2019).

3.1. Diagnóstico estratégico.

3.1.1. Contextualización de la empresa.

Metalcort es una empresa que nació en el año 2015 en Bucaramanga, hace parte del sector metalmecánico, está certificada como distribuidor autorizado de láminas antidesgaste Hardox, lo cual la posiciona entre las pocas metalmecánicas en Bucaramanga que fabrica piezas personalizadas en este tipo de lámina, dándole una ventaja competitiva frente a las otras empresas del sector.

Por otro lado, cuenta con certificación en la trinorma compuesta por 9001:2015, 45001:2018 y 1400:2015 avalado por Bureau Veritas, esto le permite trabajar con la industria petrolera, siendo este el sector que le genera mayores ingresos, y convirtiéndose en otra de sus ventajas competitivas, asegurando trabajos de alta calidad.

La empresa se dedica a “Prestar Servicios de corte con maquinaria CNC, Centro de mecanizado CNC, Inyección de plásticos y demás ramas afines del sector metalmecánico, que orienta sus esfuerzos para ampliar su participación en el mercado nacional a través de productos innovadores y adecuados a las necesidades de los clientes, buscando permanentemente el

crecimiento de la empresa y un nivel de excelencia en sus resultados". (*Metalcort - Cortes de Lamina y Soluciones Metalmecánicas.*, s. f.).

3.1.2. Misión.

Metalcort, es una empresa del sector industrial que busca alcanzar liderazgo en el mercado nacional, ofreciendo una alta gama de productos y servicios de la industria metalmecánica, infraestructura, plásticos de ingeniería e hidrocarburos, ayudando a nuestros clientes a alcanzar sus metas de negocio y generando en la región crecimiento social y beneficiando el entorno.

3.1.3. Visión.

Metalcort a 2025, quiere ser la empresa preferida por los clientes de la industria metalmecánica y de infraestructura en Colombia, quiere ser reconocida como una empresa innovadora, que mira hacia el futuro, brindando soluciones y donde los trabajadores encuentren un ambiente laboral extraordinario.

3.1.4. Prestación de servicios.

3.1.4.1. Centralización varillas bombeo mecánico y Bombeo cavidades progresivas. Metalcort ha diseñado y probado una exitosa técnica de inyección de guías para bombeo de cavidades progresivas y bombeo mecánico, además cuenta con sus propias instalaciones, donde se realiza la inyección de las guías, según los requerimientos del cliente y con el estándar de calidad deseado.

3.1.4.2. Estabilización. Metalcort ofrece el servicio de sistemas pre tensados y postensados, además, entregan certificados de calidad de las cuñas y placas origen EEUU.

3.1.4.3. Empalmes de varilla. Los conectores de barras para construcción son un sistema ampliamente utilizado en la industria de la construcción el cual da garantía de continuidad del

acero de refuerzo en las diferentes estructuras de concreto reforzado. Metalcort ofrece conectores roscados en diámetros de 5/8”,3/4”,7/8”,1”y 1 1/4”.

3.1.4.4. Corte de lámina plasma CNC oxicorte. El sistema de control numérico (CNC) de Metalcort permite realizar cortes especiales y de alta precisión, cuentan con capacidad de corte continuo de láminas de 3 metros x 6 metros; el grupo de ingeniería está en total disposición de revisar el requerimiento, soportarlo en materiales y tipo de corte que cada proyecto requiere.

3.1.4.5. Centro de mecanizado vertical y torno CNC. Metalcort en los procesos de mecanizado brinda: soporte de ingeniería en la fabricación de piezas, según información brindada por el cliente y la aplicación que este requiera y mecanizados en acero inoxidable, acero al carbono y plásticos.

3.1.4.6. Reparación de maquinaria pesada. Metalcort cuenta con materiales antidesgaste y equipos de corte térmico para brindar un recubrimiento adecuado para los diferentes tipos de desgaste como son impacto y desgaste abrasivo con el fin de obtener una mayor vida útil de las máquinas.

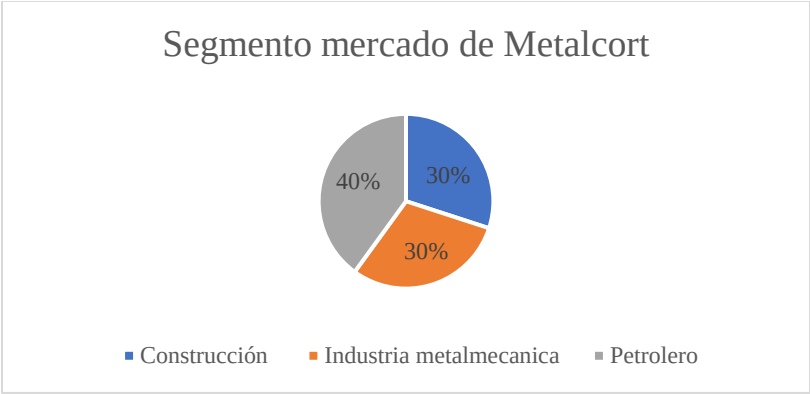
3.1.4.7. Proyectos especiales. Metalcort desarrolla proyectos especiales tales como fabricación de moldes, desarrollo de estructuras metálicas (skid petroleros) y fabricación de piezas de precisión bajo planos.

3.1.5. Segmento del mercado.

Para realizar la segmentación de mercado en la empresa, se clasificaron los clientes por sector, entre los principales: Construcción y vial, Industria metalmecánica y Petrolero, para esto se hizo uso de datos proporcionados por el departamento de contabilidad, donde ya tienen establecidos el porcentaje de ventas por sector, obteniendo lo siguiente:

Figura 1.

Resultados segmento de mercado.



El 60% del segmento del mercado está constituido por clientes del sector construcción y el sector metalmecánico en el que se fabrican productos principalmente en mecanizado y corte, el 40% lo tiene el sector petrolero para el cual también se fabrican piezas en mecanizado e inyección.

3.1.6. Análisis de indicadores.

Para conocer el estado de la empresa se cuenta con el indicador de satisfacción del cliente, en este caso se calcula la razón entre el promedio de calificaciones del cliente y el promedio esperado de calificaciones de manera semestral, en general se obtuvo una calificación de 4.9 y 4.8 para marzo y diciembre respectivamente, evidenciando una alta satisfacción del cliente.

En cuanto a la rentabilidad de la empresa se hace una comparación entre la facturación mensual del año en curso con la del año anterior, para el 2025 se obtuvo que las ventas estuvieron bajas en abril, agosto, octubre y diciembre, pero la tendencia es al aumento de las ventas en comparación con el año anterior, lo cual demuestra la buena rentabilidad de la empresa.

En relación con la medición de la calidad, la empresa en este momento tiene algunos indicadores asociados a la calibración y verificación de equipos de medición, así como control de salidas no conformes. Sin embargo, estos no permiten evaluar el desempeño de la calidad en los

procesos; el indicador de verificación y calibración de equipos se enfoca en asegurar la confiabilidad de los instrumentos de medición, pero, por sí solo no asegura la calidad del producto o servicio.

Por otro lado, la matriz de SNC no se utiliza de manera constante, dado que en la práctica las salidas no conformes se asocian únicamente a quejas o productos devueltos por el cliente, es decir a la no conformidad externa, esto implica que el registro abarca solo una parte de las NC, dejando por fuera el producto no conforme detectado internamente, lo cual limita su utilidad como herramienta de mejora continua al no reflejar el comportamiento completo de la calidad del proceso.

3.1.7. Matriz DOFA.

En el diagnóstico, la matriz DOFA se utilizó para analizar de manera interna y externa la situación actual del SGC de Metalcort y determinar principales oportunidades de mejora., obteniendo la figura 2.

La matriz DOFA evidencia que, aunque Metalcort cuenta con una fortaleza importante como la certificación en ISO 9001:2015, existen debilidades significativas relacionadas con la planificación de la producción y el control de calidad que afectan de manera directa la eficiencia operativa. Sin embargo, las estrategias son oportunidades de mejora importantes para la empresa, desde el fortalecimiento de los procedimientos, diseño de formatos y capacitación del personal, permiten a la empresa atacar de raíz sus puntos débiles, mantener la certificación y posicionarse en el sector metalmecánico nacional.

Figura 2.

Matriz DOFA.

MATRIZ DOFA	OPORTUNIDADES (+)	AMENAZAS (-)
	1. Acceso a formación técnica para fortalecer competencias del personal. 2. Disponibilidad de herramientas técnicas para la planificación y control de la producción. 3. Existencia de normas y estándares internacionales enfocados en la mejora del SGC. 4. Tendencia del mercado hacia proveedores con altos estándares de calidad y cumplimiento. 5. Disponibilidad de literatura y modelos de mejora aplicables al sector metalmecánico. 6. Disponibilidad de métodos para la medición en proceso bajo normativa.	1. Perdida de competitividad frente a empresas con procesos estandarizados y controlados. 2. Mayor exigencia del mercado en términos de cumplimiento normativo y aseguramiento de la calidad en procesos industriales. 3. Aumento en las exigencias de los clientes en calidad, trazabilidad y tiempos de entrega. 4.Exigencias de auditorias externas y de la ISO 9001:2015 que puedan evidenciar incumplimientos de SGC. 5. Aumento de costos operativos y costos de materia prima en el sector metalmecánico. 6. Variabilidad en los requerimientos del cliente.
FORTALEZAS (+)	Estrategias FO	Estrategias FA
1.Existencia de procedimientos e información documentada dentro del SGC. 2. Certificación vigente bajo ISO 9001:2015. 3. Disponibilidad de maquinaria CNC para procesos de corte y mecanizado. 4. Flexibilidad productiva para la fabricación de piezas bajo plano según requerimientos del cliente. 5.Experiencia en la atención de sectores industriales exigentes. 6. Disposición del personal operativo para implementar mejoras en los procesos.	1. Implementar un método de medición en proceso y de liberación a los procesos alineado con la ISO 9001:2015. 2. Estandarizar los procesos de fabricación y medición mediante procesos documentados. 3. Diseñar un modelo de planificación de la producción basado en herramientas y técnicas, teniendo en cuenta la capacidad instalada. 4. Integrar buenas practicas de gestión de calidad al sistema actual mediante actualización de procedimientos y formatos. 5. Fortalecer las competencias del personal mediante formación en metrología.	1. Fortalecer el cumplimiento de requisitos del cliente mediante la aplicación efectiva del SGC conforme a la ISO 9001:2015. 2. Optimizar el uso de la capacidad instalada para responder a la variabilidad de la demanda sin comprometer la calidad del producto servicio. 3. Implementar controles de calidad en proceso para reducir el impacto de exigencias del mercado en tiempos de entrega. 4. Mejorar la trazabilidad de los procesos para responder adecuadamente a auditorias internas y/o externas. 5. Estandarizar procesos críticos de producción para mantener competitividad frente a otras empresas del sector. 6. Fortalecer la gestión documental del SGC para garantizar el cumplimiento normativo.
DEBILIDADES (-)	Estrategias DO	Estrategias DA
1. Planeación de la producción empírica, sin soporte en herramientas técnicas ni análisis de capacidad instalada. 2.Falta de estandarización en el control de calidad en proceso. 3.Ausencia de registro de datos en formatos de control operativo y medición de calidad. 4.Ausencia de control de cambios en producción y trazabilidad de los procesos. 5.Uso inefectivo del SGC, limitado al cumplimiento documental. 6. Interrupciones constantes del flujo de trabajo debido a cambios de prioridad no planificados.	1. Capacitar al personal operativo en técnicas de medición, control de calidad y uso de formatos del SGC. 2. Implementar herramientas de planificación de la producción reduciendo la toma de decisiones empíricas. 3. Diseñar e implementar formatos de registro de datos en los procesos para fortalecer el control de calidad. 4. Estandarizar los procesos de inspección en proceso mediante un plan de control. 5. Incorporar metodologías de mejora continua basadas en revisión de literatura y modelos aplicables al sector metalmecánico.	1. Implementar un formato de control de cambios en producción. 2. Fortalecer el registro y trazabilidad el sistema que permita evidenciar cumplimiento ante auditorias. 3. Desarrollar un sistema de control de calidad en proceso para minimizar fallas y reprocesos. 4. Implementar indicadores de desempeño que permitan el monitoreo de la eficiencia y calidad de los procesos. 5. Estandarizar la gestión operativa del SGC para evitar su uso únicamente documental y fortalecer su aplicación real.

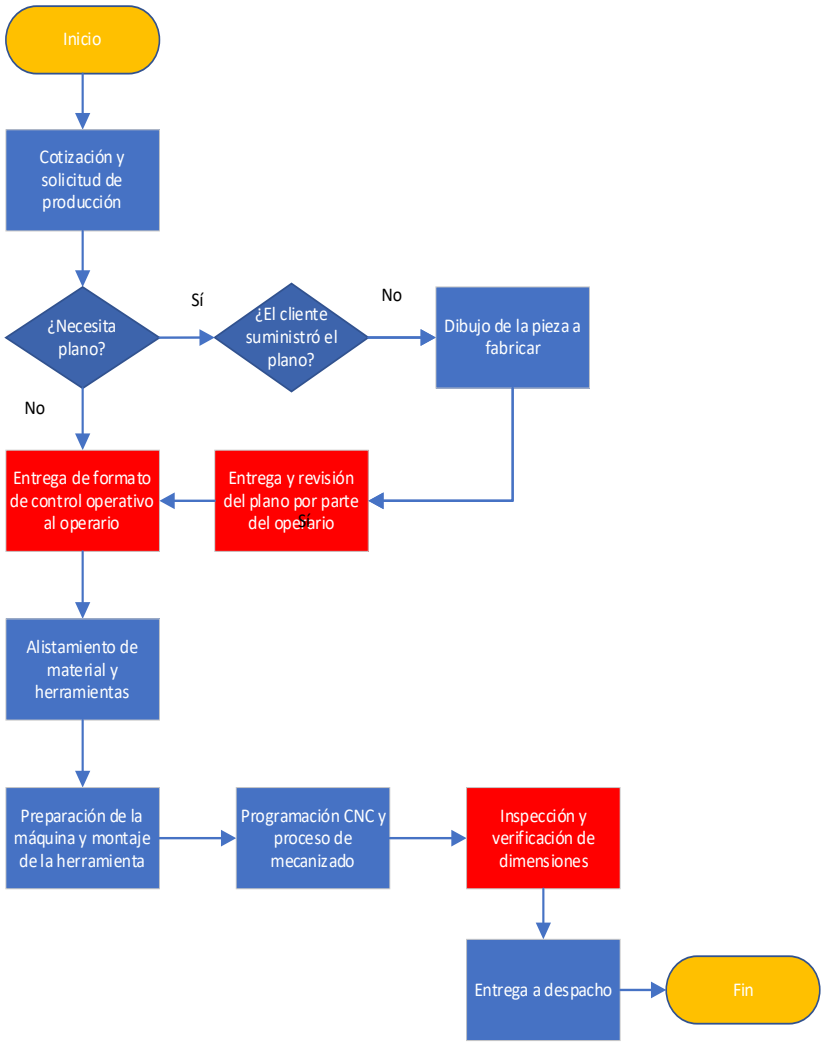
3.2. Diagnóstico operativo.

3.2.1. Diagramas de flujo de los procesos.

Para Metalcort se realizaron diagramas de flujo para los procesos de corte y mecanizado, con el fin de conocer y comprender cada una de las etapas del proceso e identificar las etapas críticas, obteniendo las figuras 3 y 4.

Figura 3.

Diagrama de flujo mecanizado.

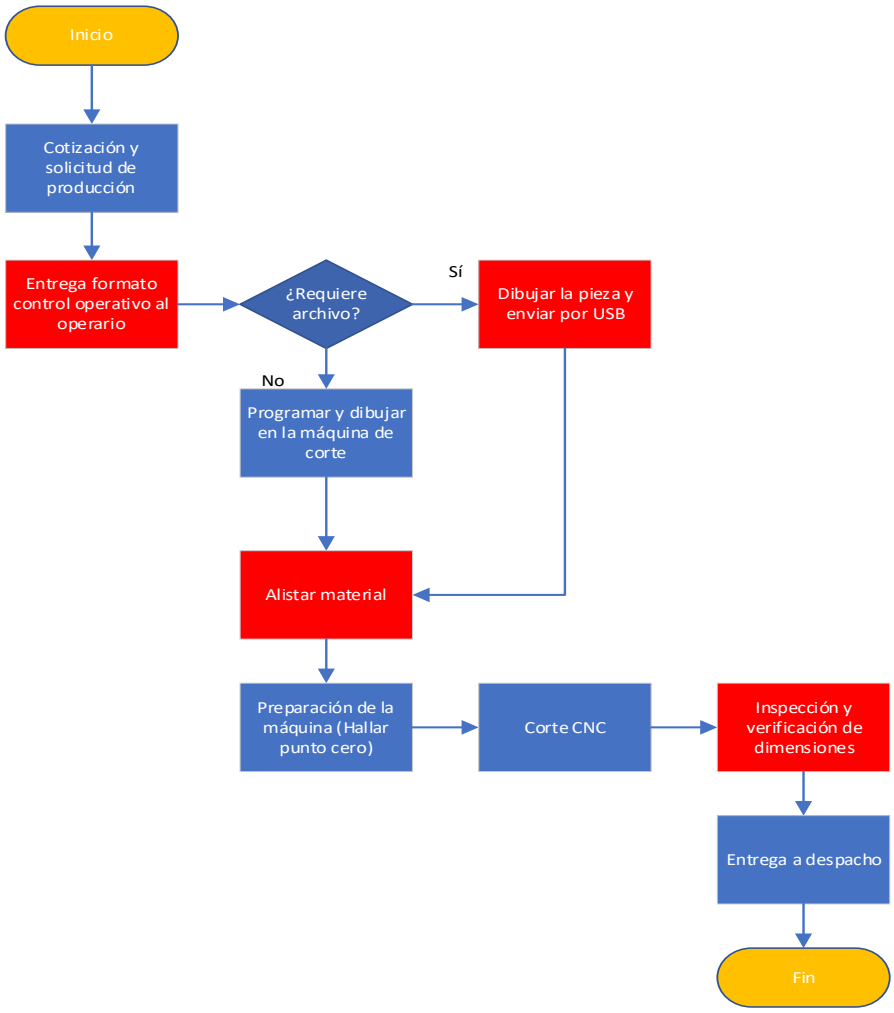


El proceso de mecanizado inicia con la solicitud de producción derivada de la cotización realizada por el área comercial, después se verifica la necesidad del plano de la pieza; en caso de que el cliente suministre el plano, este se entrega y es revisado por el operario; si no se cuenta con el plano, se procede a la elaboración de este, para luego ser entregado al operario junto con el formato de control operativo, el cual contiene la orden de trabajo, el control de tiempos, especificaciones técnicas, medición en proceso y liberación del producto. Seguido a esto, se desarrollan las actividades de alistamiento del material y herramientas, preparación de la máquina y montaje de herramientas, luego la programación CNC y el proceso de mecanizado. Finalmente, se lleva a cabo la inspección y verificación de dimensiones, finalizando con la entrega a despacho del producto terminado.

En el flujo de mecanizado se evidencian los siguientes problemas: El formato de control operativo no es entregado de manera constante a los operarios, lo que limita la estandarización del proceso, las actividades de medición se realizan de acuerdo a la consideración de cada operario y sin registro, afectando la trazabilidad del proceso, los formatos son diligenciados posteriormente por el jefe de mecanizado, sin garantizar la veracidad de la información y la etapa de inspección y verificación no se realiza de manera formal, se da liberación al producto sin evidencia objetiva del cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Figura 4.

Diagrama de flujo corte.



El proceso de corte inicia con la elaboración de la solicitud de producción dada por la cotización del cliente; luego, se verifica si es necesario el archivo, en caso de que sí, se procede a dibujar la pieza y enviar el archivo por medio de USB a la máquina y si no, el operario dibuja desde la máquina y se programa el corte; luego se entrega el formato de control operativo al operario y se realiza la preparación de la máquina de corte localizando el punto cero, para proceder a cortar las piezas, finalmente se realizan las actividades de inspección y verificación para entregar la pieza a despacho de producto terminado.

En cuanto a corte, existen problemas principalmente en: El dibujo de las piezas, incluyendo dimensiones incorrectas o ausencia de detalles como perforaciones, no se realiza entrega constante del formato de control operativo, no existe una metodología y estandarización en el proceso de medición y no se evidencia registro de estas afectando el control de la calidad.

3.2.2. Indicadores del proceso.

En el área de producción se tienen dos indicadores:

Impacto de las salidas no conformes: Se busca conocer de la cantidad de productos fabricados, cuántos fueron considerados salidas no conformes, la meta es que sea menos del 3%, en este caso se identificó que no se registran de manera constante las SNC, además, no se tienen identificadas, ni controladas, por lo tanto, es una oportunidad de mejora realizar un análisis correcto de las SNC, por otro lado, el dato de cantidad de productos fabricados no es representativo, al considerar únicamente las órdenes con registro de calidad, lo que limita la confiabilidad del indicador.

Cumplimiento del programa de producción: En este caso lo que se mide es del total de órdenes recibidas, cuántas fueron entregadas, la medición no es correcta, ya que el resultado siempre es del 100%, lo ideal es medir cuántas se entregaron a tiempo, no se tiene una fecha planeada de entrega del producto en el formato de planeación de la producción, siendo esta una oportunidad de mejora.

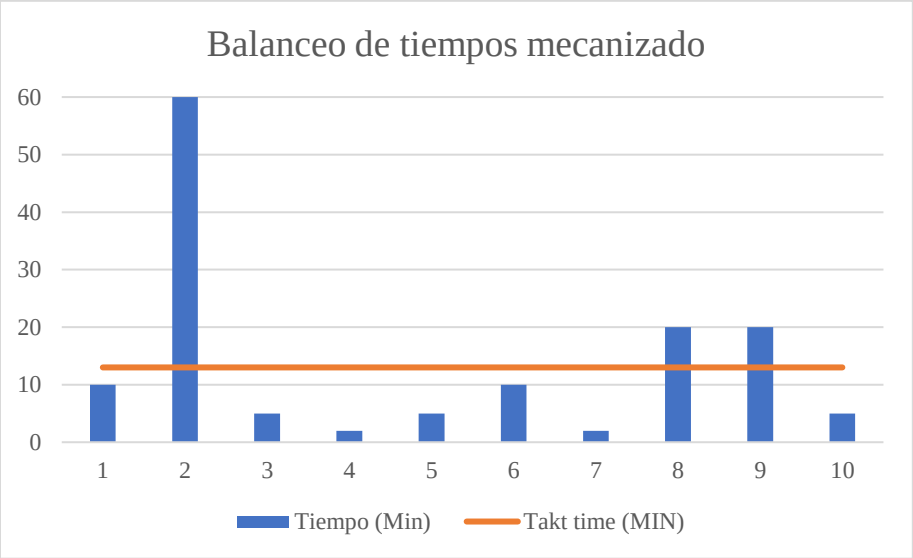
Sin embargo, no se controla directamente el proceso con estos dos indicadores, se necesitan indicadores de desempeño enfocados en los procesos de mecanizado y corte para evaluar la eficiencia de estos y del SGC.

3.2.3. Balanceo de tiempos en la línea de los procesos.

El análisis de tiempos se hizo con base en la elaboración de una pieza, teniendo en cuenta que la duración de las actividades varía según la cantidad, la dificultad y la geometría de las piezas, además de la información suministrada por el personal y la observación directa, asimismo, el takt time se calculó promediando pedidos de tres días de distintas piezas para tener una aproximación, obteniendo lo siguiente:

Figura 5.

Balanceo de tiempos en mecanizado.



De estas actividades que componen el proceso de mecanizado, se hizo una clasificación en NNVA, que son actividades necesarias que no agregan valor al producto y en VA, actividades que agregan valor, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 2.

Análisis de tiempos mecanizado.

#	Actividad	Tiempo (Min)	Tipo
1	Cotización y solicitud de producción	10	NNVA
2	Dibujo de la pieza	60	NNVA
3	Entrega de plano y revisión de este	5	NNVA
4	Entrega de control operativo	2	NNVA
5	Alistamiento de material y herramientas	5	NNVA
6	Preparación de la máquina y montaje de herramienta	10	NNVA
7	Programación CNC	2	NNVA
8	Proceso de mecanizado	20	VA
9	Inspección y verificación de dimensiones	20	NNVA
10	Entrega a despacho	5	NNVA

El tiempo del proceso de mecanizado es variable y depende del tipo de pieza, con una duración aproximada de 20 minutos o más; la elaboración del plano puede tomar hasta una hora o más, dependiendo de la dificultad; se identificó una debilidad en la revisión del plano, ya que no se revisa completamente antes de iniciar la producción, generando errores detectados durante el proceso, reprocesos y aumento del tiempo no útil.

Figura 6.

Balanceo de tiempos en corte.

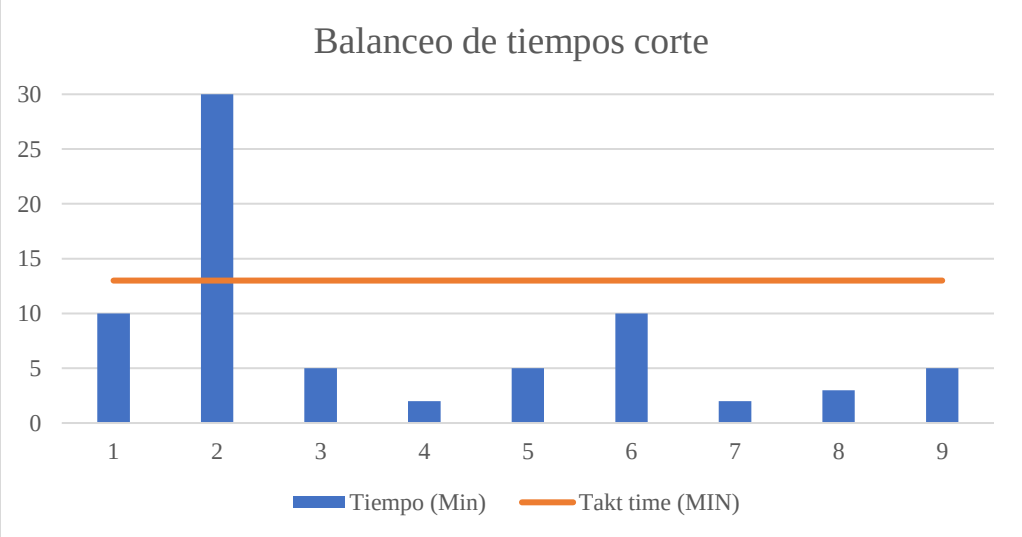


Tabla 3.

Actividades criticas corte.

#	Actividad	Tiempo (Min)	Tipo
1	Cotización y solicitud de producción	10	NNVA
2	Dibujo de la pieza	30	NNVA
3	Programar la máquina	5	NNVA
4	Entrega de control operativo	2	NNVA
5	Alistar material	5	NNVA
6	Preparación de la máquina	10	NNVA
7	Corte CNC	2	VA
8	Inspección y verificación de dimensiones	3	NNVA
9	Entrega a despacho	5	NNVA

En el proceso de corte, el principal problema está en el alistamiento del material, que puede tomar entre 5 y 20 minutos, dependiendo de su disponibilidad inmediata, de si se encuentra cubierto y de si está cerca o lejos de la máquina; el diseño de la pieza puede tomar 60 minutos o más, por otro lado, el corte CNC puede tardar 5 minutos, en caso de ser oxicorte pueden ser hasta 15 minutos, pero puede aumentar por fallas en la máquina o reinicios del proceso.

3.2.4. Observación directa en planta.

Como parte del diagnóstico inicial se realizó observación directa en las áreas de mecanizado y corte durante varios días, esto con el fin de analizar el flujo de trabajo, el método de medición aplicado durante la producción, el diligenciamiento de los formatos y los procesos críticos dentro de estas áreas.

Durante esta etapa se identificó que los operarios no utilizan de forma constante el formato de control operativo establecido por el SGC, ni siguen un método estandarizado de medición durante la producción; de acuerdo con lo registrado en el formato de control operativo, se debe realizar un muestreo simple con el 10% de las piezas fabricadas, sin embargo, se observó que los

operarios, únicamente miden la primera pieza producida y algunas adicionales durante el proceso, pero no hacen registro de las mediciones en el formato; esta situación, genera una debilidad en el control de la calidad, ya que atrasa el sistema, impide la trazabilidad de las mediciones y no permite asegurar la calidad de los productos y servicios. En el área de corte se identificó una situación similar, donde el operario es quien realiza mediciones finales de algunas piezas para verificar dimensiones, pero tampoco se hace registro de estas mediciones.

Con lo observado en planta se refuerza la idea de que la certificación del sistema de gestión de calidad no es garantía de que el sistema funcione eficientemente si los procedimientos establecidos no se aplican de manera constante en la operación diaria.

Además, durante la observación fue posible identificar que el problema principal es la deficiente planificación de la producción; actualmente, esta se realiza de manera empírica, basándose principalmente en la experiencia del coordinador de producción, sin tener en cuenta la capacidad de la planta, ni las órdenes de trabajo que ya se encuentran en proceso o en espera. Por lo tanto, esta situación genera cambios constantes en la prioridad de los pedidos, interrupciones en las máquinas para atender pedidos considerados urgentes y retrasos en la finalización de trabajos ya iniciados, teniendo como consecuencias la insatisfacción de los clientes, piezas fuera de especificación, tiempos muertos y pedidos inconclusos.

3.2.5. Cumplimiento de requisitos normativos.

Seguido a esto, se procedió a hacer una revisión documental del SGC de la empresa, se revisaron los procesos de calidad, producción y diseño. Cada uno de estos procesos cuenta con dos carpetas principales dentro del sistema documental:

- Diseño: En esta carpeta se encuentran procedimientos, instructivos, formatos y obsoletos.

- Ejecución: En esta carpeta se encuentran los formatos diligenciados durante la operación, organizados por año.

Además, se realizó un Check List para identificar las brechas entre el SGC y los requisitos de la ISO 9001:2015, capítulos 7 (Apoyo), 8 (Operación) y 10 (Mejora). La evaluación se realizó por medio de un sistema de calificación basado en tres criterios, de la siguiente manera:

Tabla 4.

Criterios para la calificación de ítems ISO 9001:2015.

Criterios	Puntos
Cumple completamente con el requisito (C)	3
Cumple parcialmente con el criterio enunciado (OBS)	1
No cumple con el criterio enunciado (NC)	0

Nota: *Elaboración propia basada en Angarita, V, 2018.*

Este análisis permitió identificar las brechas entre los requisitos de la norma y la actualidad de la empresa. (Ver apéndice A).

En primer lugar, los resultados obtenidos en el check list evidencian que el capítulo con menor nivel de cumplimiento es el capítulo 8: Operación de la ISO 9001:2015, lo cual demuestra debilidades en la planificación, seguimiento y control del proceso operativo. Por lo tanto, se identifica la gestión operativa como una de las principales oportunidades de mejora en el SGC.

Tabla 5.

Resultados de cumplimiento del Check List.

Capítulo ISO 9001:2015	Requisito	Cumplimiento
Capítulo 7	Apoyo	67 %
Capítulo 8	Operación	61 %
Capítulo 10	Mejora	88 %

Por otro lado, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida al personal operativo, con el fin de conocer la perspectiva de los directamente involucrados en los procesos de mecanizado y corte, quienes pueden ayudar a comprender problemas existentes y oportunidades de mejora, que desde cargos altos no son tan fáciles de identificar. Asimismo, la encuesta fue aplicada al jefe de mecanizado y al coordinador de producción con el objetivo de contrastar la percepción de los que realizan la operación y los que supervisan.

La encuesta estuvo compuesta por diez preguntas relacionadas con aspectos de calidad, producción y control de los procesos dentro de Metalcort, formuladas con base en los principios de gestión de calidad establecidos en la ISO 9001:2015, así como en estudios realizados previamente; el objetivo principal fue identificar las principales fallas presentes en la operación y las oportunidades de mejora en el SGC (Prieto, Rojas & Mojica, 2019) (Ver apéndice B).

Entre las preguntas formuladas se encuentran tres de tipo abierto orientadas a conocer la percepción del personal sobre la definición de calidad, las causas de los retrasos en la producción y las mejoras en el control de calidad. Por otro lado, se realizó un análisis de las respuestas cualitativas identificando palabras clave, asignando categorías y así identificar la frecuencia con la que se repitieron las respuestas y hacer un análisis cuantitativo. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 6.

En la primera pregunta, relacionado con el concepto de calidad, el 90% de los trabajadores la define como el cumplimiento de las especificaciones y requisitos del cliente, lo cual refleja un enfoque alineado con el concepto de Philip Crosby, quien señaló que, “la calidad, consiste simplemente en ajustarse a las normas y requisitos de una organización de la mejor manera posible”, esto evidencia que los trabajadores tienen claro el concepto, aunque no necesariamente se ve aplicado en la operación (Crosby, 1979).

Tabla 6.

Respuestas de la encuesta.

Pregunta	Tipo	Resultado
1	Cualitativa	Cumplir especificaciones requisitos del cliente (90%)
		Inspección y medición de piezas (10%)
2	Cuantitativa	Sí (40%) - No (60%)
3	Cuantitativa	Sí (40%) - No (60%)
4	Cuantitativa	Sí (50%) - No (50%)
5	Cuantitativa	Sí (100%)
6	Cuantitativa	Sí (80%) - No (20%)
7	Cuantitativa	Sí (90%) - No (10%)
8	Cuantitativa	Sí (100%)
9	Cualitativa	Falta de planeación de la producción (50%)
		Cambios de prioridad/ interrupción de pedidos en proceso (20%)
		Falta de automatización (10%)
		Falta de mantenimientos a las máquinas (10%)
		Cambio en las especificaciones (10%)
10	Cualitativa	Realizar medición y registro de calidad (46,15%)
		Mejor comunicación entre producción y calidad (23,08%)
		Almacenamiento de MP (7,69%)
		Implementar automatización (7,69%)
		Capacitación al personal (7,69%)
		Control herramientas mecanizado (7,69%)

En cuanto a la segunda pregunta, correspondiente a la organización de los pedidos, el 60% de los encuestados afirma que no existe una programación clara, mientras que el 40% considera que sí, esto evidencia que existen debilidades en la planificación de la producción y en la comunicación entre los cargos de supervisión y los operarios, ya que estos ejecutan sin conocer el orden, ni la prioridad de los pedidos. En relación con el conocimiento de las fechas de entrega el 60% indica que no las conoce, lo cual confirma la ausencia de una planeación estructurada. En el caso de la comunicación de los cambios de prioridad, el resultado fue neutro; sin embargo, la observación en planta permitió identificar que estos cambios no se comunican oportunamente, generando interrupciones en la operación.

El 100% de los encuestados afirma saber qué deben hacer en caso de obtener una pieza fuera de especificaciones, lo cual es un punto a favor de la empresa; sin embargo, es necesario evaluar si este conocimiento se encuentra estandarizado. En cuanto al registro y reporte de las no conformidades, el 80% afirma que sí se realiza, aunque resulta necesario verificar cómo se desarrolla este proceso, dado que en la práctica no siempre se evidencia un registro formal. Sobre las mediciones en el proceso, el 90% de los encuestados indica que sí se realizan bajo una metodología clara, pero la observación directa evidencia que no existe un método estandarizado ni registros constantes, lo cual afecta el aseguramiento de la calidad.

Un aspecto a resaltar es que el 100% del personal está dispuesto a realizar cambios en su metodología de trabajo, lo cual favorece la implementación de mejoras y reduce la cultura de resistencia al cambio, conforme al enfoque de mejora continua establecido en el numeral 10 de la ISO 9001:2015. Con respecto a las causas de retrasos en la producción, el 50% identifica la falta de planeación en la producción como el problema principal, seguido por cambios de prioridad/ interrupción de pedidos en proceso con el 20%, estas respuestas coinciden con lo identificado en planta y confirma que la falta de planeación de los pedidos es la principal oportunidad de mejora.

Por último, en relación con el control de la calidad, se obtuvo que el 46,15% considera que se deben mejorar la medición y el registro, seguido por un 23,08% que propone mejorar la comunicación entre producción y calidad, esto evidencia debilidades en el control del proceso y en la trazabilidad. (Ver apéndice C).

Además, en diciembre de 2025 se llevó a cabo la auditoría interna del SGC en Metalcort, durante esta etapa se participó en la auditoría de los procesos de gestión operativa, específicamente en Diseño y desarrollo y Producción, y en el proceso de Control de calidad. Los resultados obtenidos durante la auditoría interna reforzaron varios de los hallazgos ya identificados en el

diagnóstico inicial; puntualmente, se obtuvo una No Conformidad en el proceso de producción, por la ausencia del control de cambios en el área. (Ver apéndice D).

Estos hallazgos pueden utilizarse como una herramienta para fortalecer el análisis del diagnóstico, además de dar un panorama más amplio de las oportunidades de mejora existentes.

4. Marco de referencia.

4.1. Marco de antecedentes.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una revisión de la literatura enfocada en el mejoramiento de procesos, sistemas de gestión de la calidad y diseño e implementación de planes de control de calidad, con el fin de identificar metodologías, herramientas y resultados aplicables para la elaboración del presente proyecto, obteniendo la tabla 7.

A partir del análisis de los diferentes enfoques, se evidencia que existe una brecha entre la teoría de gestión de calidad y su aplicación práctica en procesos operativos; mientras algunos estudios se enfocan en el cumplimiento normativo y la gestión documental, otros plantean la calidad desde un punto estratégico, sin incorporar completamente herramientas operativas que permitan el control de esta.

Por esta razón, el presente proyecto busca integrar estos enfoques por medio de la aplicación de herramientas de control de la calidad, principalmente en las áreas de mecanizado y corte, aportando a la mejora continua de la empresa y al cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001:2015.

Tabla 7.

Revisión de literatura.

Enfoque	Autor	Título	Año	Aportes, alcances y limitaciones para el proyecto
Diseño e implementación plan de control de calidad	Hernández Melendez, C. M., Jasso Guerrero, H., López García, R. D., Coronado Reyes, H., & Maldonado Reyes, A.	*Implementación de Metodología DMAIC para la Mejora de la Calidad y Reducción de Quejas de Cliente en Empresa PYMEs de Tamaulipas*	2024	Los proyectos enfocados en el diseño e implementación de un plan de control de calidad como los elaborados por Hernández et al. (2024), que implementaron la metodología DMAIC en una empresa de maquinado metalmecánico en México para reducir la tasa de fallas y quejas de clientes mediante herramientas como SIPOC, Pareto, Ishikawa, gráficos de control y análisis de capacidad de proceso; Rojas Crisóstomo, J. (2023), cuyo SGC basado en ISO 9001 en el área de mecanizado permitió reducir productos no conformes y los costos de reproceso, identificando al factor humano como la principal causa de defectos; Acosta et al. (2025), quienes diseñan e implementan un sistema de gestión de calidad estructurado en seis fases para una PyME metalmecánica en México, obteniendo mejoras en indicadores operacionales aunque con limitaciones en periodos de inactividad; Ríos Jorge, L (2020), que estandarizó un plan de control de calidad en una empresa de esquineros, por medio de un diagnóstico, caracterización de los procesos, estandarización del plan, implementación y verificación logró reducir errores en el proceso de producción; Puello Díaz, A (2025), quien propuso un mejoramiento en el SGC bajo ISO 9001:2015 para EEDAS S.A. E.S.P. que permitió cerrar brechas en cuanto a requisitos de la norma y aumentar el porcentaje de cumplimiento; Duarte Farías, P (2019), quien propuso un SGC para una empresa metalmecánica pequeña basada en ISO 9001:2015, evaluando diferencias de desempeño antes y después de la implementación; y Camacho Rojas, S
	Rojas Crisóstomo, J.	*IMPLEMENTACIÓN DE LA ISO 9001:2015 EN EL PROCESO DE MECANIZADO: CASO EMPRESA METALMECÁNICA*	2023	
	Acosta, P. S., Macías, C. J. G., Muñoz, L. A. L., & Morales, C. o. F.	*Implementación de un sistema de calidad para mejorar el desempeño en una PyME familiar de metalmecánica en Ciudad Juárez. Un caso de estudio*	2025	
	Ríos Jorge, L.	*ESTANDARIZACIÓN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ESQUINEROS, REFUERZOS Y EXTENSIONES EN CORRUGADOS DEL DARIÉN S.A.S*	2020	

Enfoque	Autor	Título	Año	Aportes, alcances y limitaciones para el proyecto
	Puello Diaz, A.	*Mejoramiento del Sistema de Gestión de Calidad mediante la actualización y creación de manuales, reglamentos, procedimientos, formatos y registros en EEDAS S.A. E.S.P., empresa mixta en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*.	2025	(2023), con el uso de AMEF y herramientas para el control estadístico contribuyó al mejoramiento del proceso de gestión y control de la calidad; se evidencia que, si bien existe un creciente cuerpo de conocimiento sobre control de calidad en el sector metalmecánico, los enfoques metodológicos varían significativamente, las herramientas se aplican de forma aislada, y en el contexto colombiano son escasos los proyectos que desarrollan un plan de control de calidad integral que articula el diagnóstico, el mapeo de procesos, el muestreo estadístico, la asignación de responsabilidades y los mecanismos de mejora continua para procesos específicos.
	Duarte Farías, P.	*PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA PEQUEÑA, BASADO EN LA NORMA ISO 9001:2015*	2019	
	Camacho Rojas, S.	*Mejoramiento del proceso de gestión y control de calidad en la empresa RYCTEL S.A.S.*	2023	
Mejora continua y calidad	Jiménez, G.	Mejoramiento continuo en empresas certificadas bajo sistemas de gestión de calidad ISO 9000.	2014	En el enfoque de mejora continua, autores como Jiménez (2014) y Klimecka (2024) destacan la calidad como una estrategia organizacional, basada en ciclos de mejora continua que no tienen fin, filosofías como Kaizen y el costo de la no calidad. Este enfoque permite fortalecer la eficiencia y productividad de las empresas, fomentando la estandarización y el control de los procesos. Sin embargo, la principal limitación es que se aborda desde un punto de vista teórico, sin especificar herramientas para su implementación en entornos laborales.
	Klimecka-Tatar, Dorota.	The Costs of Quality in Production Engineering	2024	

Enfoque	Autor	Título	Año	Aportes, alcances y limitaciones para el proyecto
Calidad y competitividad.	Pérez, M., Noriega, L., Hernandez, L., Olivo, J., & De la Hoz, E.	*Gestión de la calidad y su relación con la competitividad en el sector manufacturero: una revisión de la literatura en el periodo 2010-2021*.	2021	El enfoque que relaciona la calidad con la competitividad, abordado por autores como Pérez et al. (2021), Labarca (2007) y Lin et al. (2014), plantea que la calidad es una de las principales prioridades competitivas de las empresas para posicionarse en el mercado. Este enfoque resalta la importancia de integrar la gestión de la calidad a la estrategia organizacional.
	Labarca, N.	Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial	2007	
	Lin, Ming-Ji & Hung, Shu-Chi & Hung, Shiu-Wan.	Competitive priorities and firm performance: A mediating effect of alliance type.	2014	
Calidad en manufactura.	Schuitemaker, R. y Xu, X.	Product traceability in manufacturing: A technical review.	2020	En el contexto del sector manufacturero, especialmente en el metalmecánico, estudios como los de Schuitemaker et al. (2020), Urbina (2023) e ISO (2024) destacan la importancia del control de calidad en procesos, la trazabilidad y la certificación en ISO 9001:2015 como elementos fundamentales para asegurar la conformidad del producto o servicio. Aunque estos enfoques aportan una perspectiva más técnica, la limitación principal se encuentra en que se enfocan en aspectos específicos del proceso, sin tomar en cuenta todo el SGC.
	Urbina Garzón, A.	Estudio de la calidad del producto terminado en el proceso de mecanizado en torno del acero en la industria pyme de Cali: factor rugosidad	2023	
	ISO	*Sistemas de gestión de la calidad: Introducción*	2024	

4.2. Marco teórico.

Tabla 8.

Hilo conductor.

4.2.1.Prioridades competitivas			
4.2.1.1.Estrategia competitiva de bajos costos y rentabilidad	4.2.1.2.Estrategia competitiva de calidad y desempeño	4.2.1.3.Estrategia competitiva de entregas rápidas y confiables	4.2.1.4.Estrategia competitiva de flexibilidad, personalización y diversificación
4.2.2.Gestión de la calidad			
4.2.2.1. Planificación de la calidad	4.2.2.2. Control de la calidad	4.2.2.3. Aseguramiento de la calidad	4.2.2.4. Excelencia operacional (TQM)
4.2.3.Norma ISO 9001:2015			
4.2.4.Plan de control de calidad en metalmecánicas bajo norma ISO 9001:2015			

4.2.1. Prioridades competitivas.

Las estrategias competitivas son un factor fundamental para conocer de qué manera van a competir las empresas en el sector. Por esta razón, es importante que las empresas identifiquen la estrategia o estrategias que se alineen con los valores, metas, objetivos, recursos y capacidades de las mismas, logrando así que la estrategia sea exitosa y pueda adaptarse a los cambios del mercado (Monge, 2010).

4.2.1.1.Estrategia competitiva de bajos costos y rentabilidad. Esta estrategia se basa en obtener un costo final menor con respecto a la competencia en el sector industrial, para esto deben centrarse en aspectos internos de la empresa, es decir deben revisar de manera continua sus procesos productivos para ajustar y mantener los precios cerca o en el promedio con relación a los de su competencia en el sector con el objetivo de mantenerse en una posición fuerte en el mercado. Sin embargo, no es lo mismo competir con el costo más bajo que con precios por debajo del promedio del mercado, esto asegurando calidad y diferenciación para el cliente (Monge, 2010),

las deficiencias en la planeación de la producción, genera fallas en el proceso y estas fallas se convierten en sobrecostos.

4.2.1.2.Estrategia competitiva de calidad y desempeño. La estrategia de calidad tiene como objetivos la reducción de defectos, la mejora de la calidad ofrecida por el proveedor y el rendimiento del producto, la forma de reducir la cantidad de defectos es a través de la mejora continua, sistemas de gestión y mejores prácticas; algunos de los estándares más conocidos son la gestión de calidad total, Six Sigma y Kaizen. (Lin et al. 2014), (Idris & Naqshbandi, 2018).

Del estudio realizado por Lin et al. (2014), se obtuvo que la calidad es un proceso de prueba y error por el cual se busca obtener experiencia, esta no se adquiere de manera teórica o desde afuera, sino de un ciclo de mejora continua en el que los errores durante el aprendizaje se consideran válidos y valiosos. Por otro lado, el concepto de calidad es diferente según la persona y su función, para el que produce la calidad puede estar relacionada con cumplir con estándares previamente establecidos, mientras que, para un cliente, la calidad puede verse reflejada como la durabilidad y el rendimiento de los productos y servicios. Para Garvin (Como se citó en Idris & Naqshbandi, 2018), la calidad consta de ocho dimensiones: rendimiento, características, confiabilidad, conformidad, durabilidad, capacidad de servicio, estética y calidad percibida.

En el sector metalmecánico, la mejor estrategia es el enfoque en calidad, dado que es un sector altamente competitivo y solo generando valor agregado, lograran posicionarse en el mercado y asegurar la satisfacción de sus consumidores. (Figueroa, 2009).

4.2.1.3.Estrategia competitiva de entregas rápidas y confiables. La estrategia de entregas rápidas y confiables consiste en la capacidad de una empresa para entregar productos o servicios bajo una promesa de entrega, esto es fundamental en el entorno empresarial actual, ya que los clientes tienen expectativas sobre una entrega rápida y confiable de los productos y

servicios que compran, dándole una ventaja competitiva a la empresa sobre sus competidores; para esto, las empresas deben enfocarse en reducir el tiempo empleado en las actividades implicadas en el proceso de entrega (Idris & Naqshbandi, 2018).

4.2.1.4.Estrategia competitiva de flexibilidad, personalización y diversificación. Esta estrategia se centra en la capacidad de una empresa para responder y adaptarse al mercado y a los clientes que están en constante cambio y generan alta incertidumbre. La literatura actual propone dos dimensiones: una implica responder y satisfacer las necesidades del mercado en el momento justo, adaptando la producción para cumplir con el cambio de la demanda; la segunda implica la personalización de sus servicios y/o productos para satisfacer las expectativas de los clientes. Por esta razón, las empresas que ofrecen servicios deben considerar la flexibilidad para mantener su ventaja competitiva frente a otros competidores del sector. (Idris & Naqshbandi, 2018).

4.2.2.Gestión de la calidad.

4.2.2.1. Planificación de la calidad. Es la actividad de desarrollo de los productos y/o servicios requeridos para cumplir con las necesidades de los clientes. Para esto se siguen una serie de pasos: Identificar quiénes son los clientes, determinar las necesidades de los clientes, diseñar las características del producto que satisface las necesidades del cliente, desarrollar los procesos productivos que tengan la capacidad de cumplir con las características del producto y compartir los planes a la producción (Fernández & Ortega, 2008).

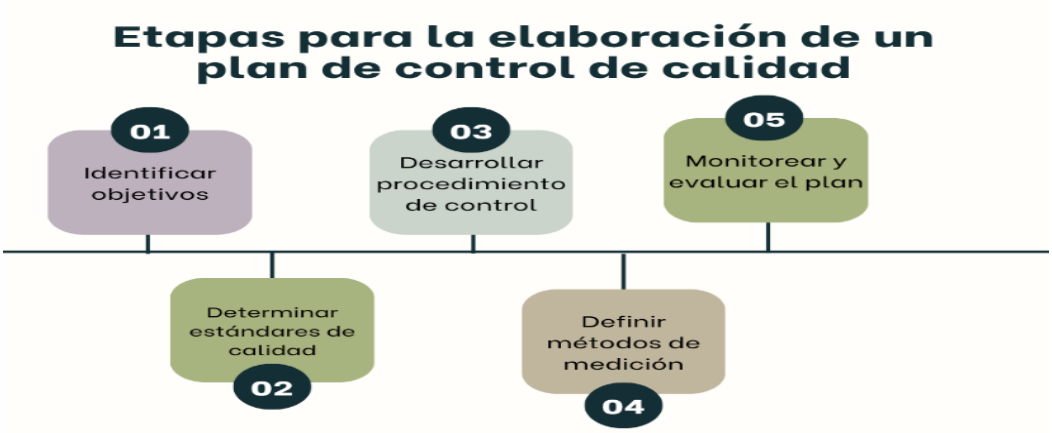
Para planificar la calidad la herramienta principal son los planes de control de calidad, estos determinan los requisitos mínimos que deben ser cumplidos por las organizaciones comprometidas con la calidad, en el sector metalmecánico consiste en el planteamiento de manera estructurada de las actividades de medición, inspección y verificación necesarias para cumplir con los requisitos de cada etapa del proceso productivo. (Barrera, 2018).

Este plan debe adaptarse y responder a los requisitos de la norma ISO 9001:2015, se plantea como una herramienta para la estandarización de los procesos de mecanizado y corte, mejora de la trazabilidad, aseguramiento de la calidad y fortalecimiento del SGC. Para elaborar un plan de control de calidad se deben seguir los pasos presentados en la figura 7.

El primer paso es establecer los objetivos de calidad, estos deben ser claros y medibles, además de estar alineados con los propósitos de la empresa, dentro de estos objetivos se deben especificar los niveles de calidad aceptables, las métricas de desempeño y los requisitos del cliente. Seguido de esto, se deben definir los estándares de calidad, estos tienen que ser medibles, por lo tanto, deben ser específicos, pero a la vez lo suficientemente flexibles para permitir mejoras en los procesos (Furterer & Wood, 2021).

Figura 7.

Etapas elaboración plan de calidad.



Nota: Adaptado de Furterer & Wood, 2021.

Los planes de control de calidad deben identificar y describir los procesos y actividades que son clave e influyen en la calidad del producto o servicio, para esto es necesario mapear los procesos, identificar los puntos de control críticos y determinar los riesgos potenciales para la

calidad. Por otro lado, se deben asignar los roles y responsabilidades, el plan debe establecer de forma clara quién supervisa los controles de calidad, realiza las inspecciones y gestiona las acciones correctivas, el documento debe detallar la estructura, jerarquía y responsabilidades de cada miembro del equipo de control de calidad, incluyendo las competencias del personal de calidad (Furterer & Wood, 2021).

La base de los planes de calidad se compone de los procedimientos de inspección y prueba, los cuales deben especificar la frecuencia de las pruebas, los métodos de muestreo y los criterios de aceptación, de igual forma, el plan debe describir los requisitos de calibración de los instrumentos de medición, la documentación de las pruebas y los procedimientos para el tratamiento de las no conformidades, también deben establecerse una guía clara para la interpretación de los resultados de las pruebas y los procesos de toma de decisiones (Furterer & Wood, 2021).

Para desarrollar un control de calidad eficaz, se necesitan sistemas de documentación e informes, el plan debe especificar los formularios, listas de verificación e informes necesarios para el control de calidad, además de permitir el seguimiento de los indicadores de calidad. Finalmente, se deben establecer mecanismos para la mejora continua de la calidad, esto incluye procedimientos para revisar los datos de calidad, identificar oportunidades de mejora e implementar acciones correctivas, para esto es necesario la evaluación periódica de los indicadores de calidad, la realización de auditorías internas y actualizaciones del SGC (Furterer & Wood, 2021).

El plan de control de calidad debe plantear plazos para su implementación y asignación de recursos, esto conlleva a realizar capacitaciones, adquirir las herramientas necesarias y establecer sistemas de monitoreo, también se debe considerar las necesidades de presupuesto y el retorno a la inversión consecuente con las mejoras en la calidad (Furterer & Wood, 2021).

Para desarrollar cada una de las etapas de un plan de control de calidad, existen diferentes herramientas, entre estas:

Tabla 9.

Herramientas para elaborar un plan de control de calidad.

Etapa	Herramientas	Fuente
Estándares de calidad	ISO 9001	Furterer, SL, y Wood, DC (2021).
	ISO 9000	
Análisis de procesos	Diagrama de flujo	Sokovic, Mirko & Pavletic, Dusko & Pipan, Karmen. (2010).
	SIPOC	
	Mapa de procesos	
	Check list	
	VSM (Mapeo del Flujo de Valor)	
	Diagnóstico	
Análisis causas raíz	Diagrama Pareto	L. Reyes Juárez, G. Rivera González, L. C. Ángeles Tovar, L. Canós Darós, y F. Castelló-Sirvent (2025). Luca, Liliana. (2016).
	Diagrama Ishikawa	
	AMFE	
Asignar responsabilidades	Matriz RACI	(Cabanillas et al., 2017)
	Manual de funciones	
Métodos de inspección	Muestreo 100%	(Defiatri & Damayanti, 2023).
	Muestreo por variables	
	Muestreo por atributos	
Mecanismos mejora continua	Ciclo PHVA	(Sandoval et al., 2024)
	Metodología 5s	
	DMAIC	
	Six Sigma	
	5 porqués	
	Auditorías internas	
Cronograma y presupuesto	Ms Project	N/A
	Ms Excel	

4.2.2.2. Control de la calidad. El control de la calidad hace referencia al proceso en el que se cumplen los estándares, para lograr esto se deben seguir estas etapas: Observar y evaluar el desempeño real de la calidad, comparar este comportamiento con los estándares de calidad y tomar medidas en caso de existir diferencias entre estos. El control está dirigido principalmente a cumplir con los objetivos de calidad y a la prevención de defectos en el proceso, por esta razón es importante realizar medición, asegurando la prevención y detección a tiempo de los problemas y proporciona una retroalimentación. (Fernández & Ortega, 2008).

Las siete herramientas básicas de calidad fueron definidas por Ishikawa en 1986, entre estas se encuentran: Hoja de control o de registro o checklist, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, análisis por Estratificación, diagrama de Dispersión y diagrama de Control (Luca et al., 2016), en este proyecto se emplearon las siguientes:

El diagrama de Pareto que se basa en el principio de que el 20% de las causas suele ser el responsable del 80% de los efectos. El objetivo principal de esta herramienta es identificar y priorizar los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un proceso o situación específica. (Chávez et al., 2024), en este proyecto, la herramienta es fundamental para priorizar las fallas críticas en el proceso de producción, facilitando de esta manera la toma de decisiones.

Coletti, Bonduelle & Iwakiri, (Citado por Burgasí Delgado et al.,2021) señalan que el diagrama de Ishikawa es una técnica usada para identificar las posibles causas de un problema central, usado también para mejorar procesos y recursos en una organización. Esta herramienta facilita el análisis de las relaciones entre los diferentes factores que pueden afectar a una empresa.

Las hojas de verificación son consideradas una herramienta de calidad para controlar procesos de inicio a fin, en estas se registra, analiza y se presentan resultados de manera ordenada y óptima, tienen como como finalidad la validación y verificación del cumplimiento de reglas,

pasos a seguir o actividades que son formuladas con un propósito específico, estos contienen información clara y concreta (Efraín, 2018), en este proyecto se implementó para diagnosticar el nivel de cumplimiento de la norma ISO 9001:2015 en los procesos productivos de la empresa.

4.2.2.3. Aseguramiento de la calidad. Miranda (Como se citó en De las Casas, 2018) menciona que, con el paso del tiempo, el concepto de control de calidad evolucionó y se convirtió en aseguramiento de la calidad, enfocándose en la gestión integral de los procesos, esto implica la planificación, implementación y seguimiento de las actividades involucradas en el sistema de gestión, teniendo como fin prevenir errores, en vez de detectarlos más tarde.

De igual manera, este concepto se fundamenta en la estandarización de los procesos, la documentación del sistema y la mejora continua, siendo estos factores fundamentales de la norma ISO 9001:2015 (De las Casas, 2018).

Para esta etapa, se aplica el concepto de calidad en todas las etapas del ciclo del producto dentro de la empresa, asegurando cumplir con las necesidades de los consumidores y con la demanda, con el paso del tiempo surgen nuevas necesidades y las empresas tienen que adaptarse, dando paso a una nueva etapa, que es la Gestión de la Calidad Total o TQM. (Carrizo, Dante, & Alfaro, Andrés, 2018).

4.2.2.3. Excelencia operacional (TQM). Mirando & Chamorro (Como se citó en De las Casas, 2018) define la TQM como una filosofía basada en el trabajo de Deming, Juran y Crosby, que tiene como objetivo proveer productos con un alto nivel de calidad que cumpla con las necesidades de los clientes y que a su vez logre la satisfacción de los empleados, por medio de una cultura de mejora continua en los procesos de la organización y de la participación de todos los que forman parte o están involucrados en esta.

Según Sánchez (Como se citó en De las Casas, 2018) los objetivos de la TQM son: a) la satisfacción del cliente, b) la mejora de la calidad, c) la satisfacción del trabajador, d) el incremento de la competitividad y e) la satisfacción de la sociedad. De igual manera, esta herramienta tiene como propósito implementar la calidad en todos los niveles de la organización; el proceso de mejoramiento se enfoca en la satisfacción total del cliente, por lo tanto, el estándar internacional que asegura el cumplimiento de estos objetivos es la ISO 9001:2015. (Carrizo, Dante, & Alfaro, Andrés, 2018).

4.2.3. Norma ISO 9001:2015.

La ISO 9001:2015 es la norma internacional para sistemas de gestión de la calidad, se utiliza en casi todos los sectores a nivel mundial, la norma ayuda a las empresas a ofrecer productos y servicios de alta calidad, mejorar la eficiencia y cumplir con los requerimientos del cliente y la normativa, además, “La norma ISO 9001 define los requisitos acordados a nivel mundial para un sistema de gestión de la calidad, pero no prescribe cómo debe operar una organización. Proporciona estructura, claridad y una base para la mejora continua.” (ISO, 2024).

La ISO 9001:2015 está conformada por los siguientes capítulos: 4.Contexto de la organización, 5.Liderazgo, 6.Planificación, 7.Apoyo, 8.Operación, 9.Evaluación del desempeño y 10.Mejora continua, para este proyecto el enfoqué estará en los capítulos 7, 8 y 10 de la norma.

El apoyo se subdivide en: recursos, competencia, toma de conciencia, comunicación e información documentada, esto son los apartados necesarios para estructurar el soporte del SGC. En cuanto a operación se subdivide en: planificación y control operacional, requisitos para los productos y servicios, diseño y desarrollo de los productos y servicios, control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente, producción y provisión del servicio, liberación

de los productos y servicios y control de las salidas no conformes, abarcando todas las actividades que componen la operación y afectan la calidad de la misma. Por último, la mejora continua se subdivide en: generalidades, no conformidad y acción correctiva y mejora continua, siendo esta la clave del éxito en las organizaciones como ya se ha identificado previamente.

De igual forma, la norma ISO 9001:2015 establece un enfoque basado en procesos y en el pensamiento basado en riesgos, orientando a las organizaciones a planificar, controlar y mejorar sus operaciones mediante la estandarización y el seguimiento de actividades críticas; en este sentido, según Juran, el control de calidad implica comparar el desempeño real con los estándares establecidos y actuar sobre las desviaciones, esto se puede lograr por medio de un plan de control de calidad que define las actividades de inspección, medición, métodos de control, responsabilidades y registros necesarios para asegurar la conformidad del producto a lo largo del proceso. (Defeo, JA y Juran, JM, 2010).

4.2.4. Plan de control de calidad en metalmecánicas bajo norma ISO 9001:2015.

A partir de la revisión de los proyectos analizados, se identificó un conjunto de patrones metodológicos recurrentes en el diseño del plan de control de calidad aplicado al sector metalmecánico.

En primer lugar, la norma ISO 9001:2015 es el marco normativo más utilizado como base para estructurar los objetivos, estándares y procedimientos de control en todos los proyectos. En segundo lugar, las herramientas de análisis de procesos más utilizadas son el diagrama SIPOC, el diagrama de flujo y el mapa de procesos, los cuales permiten delimitar el alcance del plan e identificar puntos de control críticos. Para el análisis de causas de no conformidad, el diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa son las técnicas más frecuentes, mientras que el muestreo

estadístico tanto por atributos como por variables es el mecanismo principal de inspección en los proyectos. En cuanto a la mejora continua, el ciclo PHVA y las metodologías Lean son las herramientas más implementadas.

Con el fin de probar la autenticidad del presente proyecto se realiza un vacío del conocimiento, obteniendo la tabla 10.

Ninguno de los siete proyectos integra simultáneamente las herramientas a implementar en el presente proyecto: el estándar ISO 9001:2015, el análisis de procesos con diagrama de flujo, SIPOC, mapa de procesos, check list y diagnóstico, el análisis de causas con diagrama de Pareto y diagrama Ishikawa, la asignación de responsabilidades con la matriz RACI, el método de inspección con muestreo por atributos, los mecanismos de mejora con ciclo PHVA y auditorías internas y el cronograma y presupuesto con Ms Excel, para diseñar un plan de control de calidad específico para procesos de mecanizado y corte, lo cual confirma el aporte diferencial del mismo y se completa el vacío del conocimiento.

Tabla 10.

Vacío del conocimiento.

Etapa	Herramientas	Hernández et al. (2024)	Rojas (2023)	Acosta et al. (2025)	Ríos (2020)	Pulloo (2025)	Duarte (2019)	Camacho (2023)	Florez (2026) Presente proyecto.
Estándares de calidad	ISO 9001	X	X	X	X	X	X	X	X
	ISO 9000								
Análisis de procesos	Diagrama de flujo	X	X	X	X	X	X		X
	SIPOC	X							X
	Mapa de procesos				X		X	X	X
	Check list					X	X	X	X

Etapa	Herramientas	Hernández et al. (2024)	Rojas (2023)	Acosta et al. (2025)	Ríos (2020)	Puello (2025)	Duarte (2019)	Camacho (2023)	Florez (2026) Presente proyecto.
	VSM (Mapeo del Flujo de Valor)								
	Diagnóstico			X	X	X		X	X
Análisis causas raíz	Diagrama Pareto	X	X					X	X
	Diagrama Ishikawa	X	X					X	X
	AMFE	X						X	
Asignar responsabilidades	Matriz RACI						X		X
	Manual de funciones		X	X		X			
Métodos de inspección	Muestreo 100%								
	Muestreo por variables		X		X		X		
	Muestreo por atributos	X						X	X
Mecanismos mejora continua	Ciclo PHVA		X	X	X	X	X	X	X
	Metodología 5s	X							
	DMAIC	X							
	Six Sigma	X							
	5 porqués	X							
	Auditorías internas		X				X		X
Cronograma y presupuesto	Ms Project						X		
	Ms Excel				X	X		X	X

5. Metodología.

El presente proyecto se desarrolla bajo un enfoque de mejora de procesos, con el objetivo de fortalecer el SGC en Metalcort Ingeniería S.A.S. A continuación, se describe la metodología aplicada para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados.

5.1. Objetivo específico 1: Elaboración del diagnóstico.

Para comprender la situación actual de la empresa y las brechas existentes frente al nivel de cumplimiento de los requisitos de la ISO 9001:2015, se aplicó una lista de verificación basada en de los capítulos 7, 8 y 10 de la norma, complementada con una encuesta dirigida a los operarios, jefe de mecanizado y coordinador de producción, además de la elaboración de diagramas de flujo y balanceo de tiempos en los procesos de mecanizado y corte, lo que permitió identificar las oportunidades de mejora.

El desarrollo y los resultados obtenidos durante esta etapa se presentan en el capítulo tres: Diagnóstico, los cuales fueron utilizados para orientar el diseño del plan de control de calidad desarrollado en el objetivo específico 3.

5.2. Objetivo específico 2: Revisión de la literatura.

Se realizó una revisión de la literatura de 15 fuentes consultadas, entre estos trabajos de grado en el área de calidad aplicados al sector metalmecánico, esta revisión permitió la identificación de los principales enfoques, herramientas y modelos de gestión de calidad aplicables al sector metalmecánico, como sus ventajas, alcances y limitaciones para implementarlos en el proyecto.

El desarrollo completo de esta revisión y los resultados obtenidos se presentan en el capítulo cuatro: Marco de referencia, los cuales permitieron seleccionar y justificar la aplicación de las herramientas y metodologías más acordes con el contexto de Metalcort Ingeniería S.A.S, fundamentando técnicamente el diseño del plan de control de calidad.

5.3. Objetivo específico 3: Diseño del plan de control de calidad.

Con base en el diagnóstico y en la revisión de la literatura, el diseño del plan de control de calidad se desarrolló en seis etapas secuenciales de la siguiente manera:

5.3.1. Etapa 1: Establecimiento de objetivos y estándares de calidad.

Inicialmente se definen los objetivos de calidad del plan, dentro de estos se especifican los niveles de calidad aceptables y las métricas de desempeño, la ISO 9001:2015 establece en su capítulo 6.2. Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos, que "la organización debe establecer objetivos de la calidad para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad. Los objetivos de la calidad deben: a) ser coherentes con la política de la calidad; b) ser medibles; c) tener en cuenta los requisitos aplicables; d) ser pertinentes para la conformidad de los productos y servicios y para el aumento de la satisfacción del cliente; e) ser objeto de seguimiento; f) comunicarse; g) actualizarse, según corresponda. La organización debe mantener información documentada sobre los objetivos de la calidad. Al planificar cómo lograr sus objetivos de la calidad, la organización debe determinar: a) qué se va a hacer; b) qué recursos se requerirán; c) quién será responsable; d) cuándo se finalizará; e) cómo se evaluarán los resultados".

Teniendo como base los objetivos de calidad, se definen los estándares de calidad para los procesos, con el fin de llevar a cabo esta primera etapa, se establece la norma ISO 9001:2015 como el estándar de calidad bajo el que se regirá el plan de control de calidad, además, se definen los indicadores de calidad: Número de hallazgos identificados como Salidas no conformes, número de disposiciones aplicadas a hallazgos internos identificadas como reprocesos y/o desechos y el porcentaje de verificación de instrumentos de medición.

5.3.2. Etapa 2: Caracterización y mapeo de procesos.

Con el fin de asegurar una mejor comprensión del proceso y sus interacciones, que permita identificar los puntos donde se generan fallas de calidad y es necesario implementar controles, se realiza la caracterización y mapeo de los procesos de mecanizado y corte mediante la elaboración de diagramas SIPOC, en los cuales se identifican los proveedores, las entradas, las actividades del proceso, las salidas y los clientes. De forma complementaria, los puntos de control de calidad se identifican a partir del análisis de los diagramas de flujo y del balanceo de tiempos realizados previamente en el diagnóstico, lo que facilita ubicar las etapas críticas del proceso y establecer controles adecuados para asegurar el cumplimiento de los requisitos.

Además, a partir del diagnóstico del proceso, en esta etapa se identifican las características críticas de calidad que deben controlarse, así como sus especificaciones, frecuencia de medición, instrumentos de medición asociados y los puntos del proceso donde se realizará la inspección, debido a que la empresa produce una alta variedad de productos con especificaciones distintas entre sí, este análisis se enfoca en los productos más vendidos en las dos áreas de análisis (MLE, Poporas, Conectores y Láminas para productos específicos), estos productos se priorizaron al realizar consulta directa con los jefes de área responsables de cada proceso, quienes identificaron los anteriores productos como los que más se producen de manera general en todos los meses, lo cual permite establecer un control representativo del total del portafolio de productos de la empresa.

5.3.3. Etapa 3: Análisis de problemas y causas de no conformidad.

Inicialmente, se aplicará el diagrama de Pareto, tomando como los efectos lo obtenido en el diagnóstico inicial y los resultados de la encuesta y la frecuencia como la cantidad de veces que se concuerda en que esos son los problemas principales en la producción y la calidad, para así

definir las causas principales, dado que no se cuenta con un registro histórico de frecuencia de defectos del producto.

Por otro lado, se emplea el diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas que influyen en los retrasos de la producción y en los problemas de calidad, se define el problema principal y los factores que serán categorizados en las 6M: Mano de obra, máquina, material, medición, método y medio ambiente, se realiza una lluvia de ideas para definir causas raíces, usando los 5 porqués para profundizar en estas. (Juárez et al., 2025).

Finalmente, cada causa raíz identificada por medio de la metodología de los 5 porqués se relaciona con una medida de control específica, definiendo de esta manera la característica del producto o del proceso que debe controlarse, el método, la frecuencia de verificación y el responsable de ejecutarla; esto se traduce en la elaboración de la matriz de diseño del control (Tabla 13), que relaciona cada causa identificada con un elemento verificable dentro del Plan de Control de Calidad, evitando que las accione de control se tomen sin considerar el diagnóstico realizado previamente.

La aplicación de estas herramientas permite enfocar las mejoras en los factores críticos que afectan directamente la calidad y orientan las decisiones de control e inspección del plan, asegurando que este sea efectivo.

5.3.4. Etapa 4: Definición de roles, responsabilidades y estructura del equipo.

La ISO 9001:2015 establece en su capítulo 5.2.Roles, responsabilidades y autoridades en la organización que “La alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen, se comuniquen y se entiendan en toda la organización. La alta dirección debe asignar la responsabilidad y autoridad para: a) asegurarse de que el sistema de

gestión de la calidad es conforme con los requisitos de esta Norma Internacional; b) asegurarse de que los procesos están generando y proporcionando las salidas previstas; c) informar, en particular, a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión dela calidad y sobre las oportunidades de mejora; d) asegurarse de que se promueve el enfoque al cliente en toda la organización; e) asegurarse de que la integridad del sistema de gestión de la calidad se mantiene cuando se planifican e implementan cambios en el sistema de gestión de la calidad".

En el plan debe establecerse quién supervisará los controles de calidad, realizará las inspecciones y gestionará las acciones correctivas. Para esto se elabora una Matriz RACI que asigna a cada miembro del equipo su nivel de responsabilidad en cada actividad del plan, además de definir de forma clara las funciones que tendrán que desarrollar dentro de la empresa con el fin de mejorar la calidad de la misma.

5.3.5. Etapa 5: Diseño de los procedimientos de inspección, prueba y muestreo.

La norma ISO 9001:2015 establece en su capítulo 9.1.1.Generalidades que "La organización debe determinar: a) qué necesita seguimiento y medición; b) los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos; c) cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición; d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición. La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad. La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados".

En esta etapa, se deben establecer los procedimientos de inspección que constituyen la base técnica del plan. Se definirán las características a controlar, la metodología de muestreo por atributos como técnica estadística bajo Military Standard 105E tomando como referencia internacional la norma ISO 2859, especificando el tamaño de muestra, la frecuencia de inspección,

los criterios de aceptación, los responsables y el registro, esto dependiendo de la etapa de inspección en la que se encuentre el producto, para la empresa se establecen dos mecanismos de inspección: Control en proceso e inspección final (liberación).

La ISO también establece en el capítulo 7.1.5.2 Trazabilidad de las mediciones que "Cuando la trazabilidad de las mediciones es un requisito, o es considerada por la organización como parte esencial para proporcionar confianza en la validez de los resultados de la medición, el equipo de medición debe: a) calibrarse o verificarse , o ambas, a intervalos especificados, o antes de su utilización, contra patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales; cuando no existan tales patrones, debe conservarse como información documentada la base utilizada para la calibración o la verificación; b) identificarse para determinar su estado; c) protegerse contra ajustes, daño o deterioro que pudieran invalidar el estado de calibración y los posteriores resultados de la medición. La organización debe determinar si la validez de los resultados de medición previos se ha visto afectada de manera adversa cuando el equipo de medición se considere no apto para su propósito previsto, y debe tomar las acciones adecuadas cuando sea necesario".

De igual forma, se describen los requisitos de calibración de los instrumentos de medición bajo un cronograma de calibración y verificación y un formato de verificación de los mismos, la documentación de las pruebas por medio de un formato de registro de inspección en proceso e inspección final y el procedimiento para el tratamiento de no conformidades, además de un formato de registro de las mismas.

5.3.6. Etapa 6: Diseño del sistema de documentación y registros.

La ISO 90001:2015 establece en su capítulo 7.5.2. Creación y actualización que "Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse de que lo siguiente sea

apropiado: a) la identificación y descripción, b) el formato y los medios de soporte, c) la revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación".

Para esto, se realiza el rediseño y estandarización de los formatos de control, lo cual permite asegurar la trazabilidad de los procesos y la uniformidad en la ejecución de los mismos; en esta etapa, es necesario hacer una revisión documental de los formatos que controlan los procesos críticos y definir cuáles pueden mejorarse con el fin de facilitar el proceso de diligenciamiento y el uso constante de los mismos. Se hará uso de la herramienta Kanban para realizar un seguimiento visual al avance de las órdenes de producción para mejorar el control de la operación y cumplir con los tiempos de entrega.

Adicionalmente, para cada punto de control crítico se definirá un plan de reacción que establezca la acción inmediata a realizar ante un resultado fuera de especificación, el producto afectado, el responsable de la acción, el registro y la disposición del producto, asegurando de esta forma que la respuesta ante una no conformidad no dependa del criterio del operario o del líder de calidad en el momento en que ocurre, sino de un procedimiento estandarizado para todo el personal.

Finalmente, con el desarrollo de estas seis etapas se da cumplimiento al objetivo específico 3, obteniendo como resultado un plan de control de calidad que integra los formatos de inspección rediseñados, el procedimiento de muestreo por atributos, los indicadores de desempeño y la asignación de responsabilidades, alineados con los requisitos de la ISO 9001:2015.

5.4. Objetivo específico 4: Validación del plan de control de calidad.

Para dar cumplimiento a este objetivo se definen las siguientes tres etapas:

5.4.1. Etapa 7: Planificación de recursos y plazos.

La ISO 9001:2015 establece en su capítulo 7.1. Recursos que "La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de la calidad. La organización debe considerar: a) las capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes; b) qué se necesita obtener de los proveedores externos".

Se definen los plazos para la implementación del plan, la asignación de recursos humanos, físicos y presupuestales necesarios, incluyendo capacitaciones al personal y adquisición de herramientas de medición.

5.4.2. Etapa 8: Implementación y validación de efectividad.

Después, se realiza un seguimiento y acompañamiento a la aplicación del plan, verificando el uso correcto de los formatos y la recolección de datos iniciales post-implementación, a partir de estos datos, se evalúa el desempeño del proceso mediante la comparación de indicadores antes y después de su implementación, en este caso los indicadores de salidas no conformes, reproceso y desecho se medirán mediante conteo de hallazgos y de disposiciones y no como tasa porcentual.

Lo anterior, dado que se evaluaron dos posibles denominadores, el total de piezas producidas, que no se encuentra consolidado de manera confiable en la empresa y el total de piezas inspeccionadas, que corresponde a la muestra evaluada por lote y no al lote completo lo que genera tasas elevadas y no representativas del comportamiento real del proceso; por esta razón se realizará

el conteo directo de hallazgos y de disposiciones frente a la línea base establecida, como fue utilizado en casos de estudios similares en el sector metalmecánico. (Spinoso Acosta et al., 2025).

Asimismo, para el registro de indicadores, se establecieron dos niveles de conteo, el primero es el hallazgo de calidad, entendido como el evento identificado, independientemente de la cantidad de piezas afectadas, el cual se clasifica según si el producto llegó o no al cliente, los hallazgos que llegaron al cliente se contabilizan únicamente como no conformidades externas (SNC), y el reproceso o desecho aplicado posteriormente corresponde al tratamiento de dicha no conformidad, por lo que no genera un nuevo hallazgo ni se incorpora a los demás indicadores.

Por otro lado, el segundo nivel corresponde a las disposiciones aplicadas a los hallazgos detectados antes de la entrega, denominados hallazgos internos, los cuales se contabilizan una vez en el total y se registran en los indicadores de reprocesos y desechos según la disposición, dado que un mismo hallazgo puede requerir ambas, estas no son excluyentes y no se suman al total de hallazgos. De este modo, el total de hallazgos equivale a la suma de las no conformidades externas y los hallazgos internos, sin duplicación de eventos.

Esta comparación permite realizar una verificación inicial de la efectividad de las mejoras implementadas en cuanto a la reducción de fallas, mejoras en los tiempos de producción y aumento del control de la calidad, asimismo, se hace revisión del cumplimiento frente a hallazgos previos de auditoría interna, asegurando la alineación con los requisitos de la ISO 9001:2015. Finalmente, se evaluará la efectividad y el impacto del plan, este se considerará efectivo cuando se observe una disminución en el número de hallazgos y de disposiciones de los indicadores de calidad respecto a la línea base establecida, el cumplimiento sostenido del porcentaje de verificación instrumentos de medición y el cumplimiento de los controles y registros establecidos; se requiere seguimiento periódico para evaluar sostenibilidad de la mejora.

De igual forma, se hará la socialización de resultados con la gerencia, lo cual permite evidenciar lo logrado con el plan de control de calidad y establecer una base sólida para su sostenibilidad en el tiempo.

5.4.3. Etapa 9: Establecimiento de mecanismos de mejora continua.

La ISO 9001:2015 establece en su capítulo 10.3. Mejora continua que “La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad. La organización debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua”.

Por último, se definen los mecanismos para la revisión y mejora continua del plan, incluyendo la evaluación periódica de los indicadores de calidad, la realización de auditorías internas y la actualización del sistema de gestión. Se establecen procedimientos para identificar oportunidades de mejora e implementar acciones correctivas de forma sistemática, en coherencia con los requisitos de ISO 9001:2015.

Con el desarrollo de estas tres etapas se da cumplimiento al objetivo específico 4, evidenciando el impacto y funcionamiento del plan de control de calidad en condiciones reales de operación y su capacidad de sostenimiento y mejora continua.

6. Desarrollo metodológico.

Con base en los hallazgos del diagnóstico (capítulo 3) y en las herramientas seleccionadas a partir de la revisión de la literatura (capítulo 4), en este capítulo se presenta el desarrollo de las etapas correspondientes al diseño (objetivo específico 3) y la validación (objetivo específico 4) del plan de control de calidad, junto con los resultados obtenidos en cada una.

6.1. Establecimiento de objetivos y estándares de calidad.

En esta primera etapa para el plan de control de calidad se establecieron los objetivos de calidad, considerando que la norma ISO 9001:2015 es la que rige el plan, el enfoque es en la mejora continua de los procesos, teniendo en cuenta lo establecido por la NTC se plantearon los siguientes objetivos:

- Reducir el número de salidas no conformes de los procesos de mecanizado y corte respecto a la línea base establecida.
- Garantizar que el 100% de los lotes inspeccionados cuenten con registro de medición en proceso y de producto terminado.
- Asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas por el cliente.
- Reducir el número de piezas reprocesadas y desechadas por causas atribuibles a fallas de control de calidad.
- Garantizar el estado de vigencia de la calibración y verificación de los instrumentos de medición.

En la Tabla 11 se presentan los indicadores del proceso de calidad con los que se validará el plan de control de calidad.

Tabla 11.

Indicadores de calidad.

Indicador	Fórmula	Unidad	Fuente	Periodicidad	Responsable	Meta
N° de SNC	Conteo de hallazgos identificados como SNC	N° de hallazgos	Formatos: GCC-MT-01 y GG-FT-04	Mensual	Líder de calidad	**≤ Línea base (5)**
N° de reprocesos	Conteo de disposiciones de reproceso aplicadas a hallazgos internos	N° de disposiciones	Formatos: GG-FT-04 y GCC-FT-08	Mensual	Operario/ Líder de calidad	**≤ Línea base (2)**
N° de desechos	Conteo de disposiciones de desecho aplicadas a hallazgos internos	N° de disposiciones	Formatos: GG-FT-04 y GCC-FT-08	Mensual	Operario/ Líder de calidad	**≤ Línea base (7)**
Tasa de instrumentos de medición verificados	(Instrumentos de medición verificados (Vigentes)/Total de instrumentos que se deben verificar)×100	Porcentaje	Formatos: GG-FT-04 y GCC-FT-05	Cuatrimestral	Líder de calidad	**100%**

Para establecer las metas de los indicadores se definió el siguiente criterio: inicialmente se realizó el levantamiento de datos históricos correspondientes a los meses de mayo y junio, meses que se tomaron como línea base al ser el primer registro sistemático con el que la empresa contó, con base en estos resultados y teniendo en cuenta la capacidad real del proceso evidenciada en el diagnóstico, se estableció una meta de reducción respecto a la línea base, como el punto de partida alcanzable, medible y realista frente al cual evaluar el impacto del plan. Esta meta se evaluará y ajustará conforme el Sistema de control de calidad madure y se cuente con un histórico de datos más robusto.

6.2. Caracterización y mapeo de procesos.

Se realizó el SIPOC de mecanizado y corte para las etapas críticas del proceso, en este caso el control y aseguramiento de la calidad.

La caracterización mediante diagramas SIPOC permitió identificar, para los procesos de mecanizado y corte, los proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, así como los puntos críticos donde están las fallas de calidad. En el proceso de mecanizado mapeado en la figura 8, se evidenció que las salidas no cuentan con registros de medición confiables, lo cual afecta directamente la trazabilidad del proceso y limita el aseguramiento de la calidad; de igual manera, se identificó una interacción débil entre las áreas de producción y calidad, lo que dificulta el control oportuno del proceso.

Figura 8.

Diagrama SIPOC de mecanizado.

DIAGRAMA SIPOC MECANIZADO

S	SUPPLIERS	I	INPUT	P	PROCESS	O	OUTPUT	C	CUSTOMER
	quién proporciona entrada a un proceso		recurso proporcionado por el proveedor para la incorporación al proceso		pasos realizados para convertir de entrada a salida		recurso resultante desde el proceso		receptor de salida creada

TÍTULO DEL PROCESO: Control y aseguramiento de calidad en mecanizado

PROVEEDORES		ENTRADA		PROCESO		SALIDA		CLIENTE	
	Jefe de mecanizado		Orden de trabajo/Control operativo	1	Recepción de orden de trabajo/Control operativo		Pieza mecanizada		Cliente
	Jefe de mecanizado		Parámetros de mecanizado	2	Revisión del plano		Registro de tiempos de producción		Producción
	Área de diseño		Plano técnico de la pieza	3	Interpretación de especificaciones		Registro de medición		Área de calidad
	Cliente		Especificaciones del cliente	4	Alistamiento material y herramientas		Pieza conforme/No conforme		Despacho
	Almacén		Material y herramientas	5	Montaje de herramienta en máquina		Observaciones del proceso		Otros procesos (Si se requiere)
	Operario		Programación CNC	6	Confuguración de máquina		Pieza terminada		
	Área de calidad		Instrumentos de medición	7	Programación CNC				
				8	Proceso de mecanizado				
				9	Ajustes durante el proceso				
				10	Medición en proceso				
				11	Producto terminado				

En el proceso de corte mapeado en la figura 9, las fallas se concentran principalmente en las entradas, en especial en el dibujo de las piezas a producir, lo que genera errores desde etapas tempranas del proceso; además, la ausencia de medición y registro, que permite la liberación de piezas sin verificación objetiva. En conjunto, estos hallazgos evidencian que el plan de control de calidad debe priorizar el fortalecimiento de los registros de medición y de la comunicación entre producción y calidad en ambos procesos.

Figura 9.

Diagrama SIPOC de corte.

DIAGRAMA SIPOC CORTE

S	SUPPLIERS quién proporciona entrada a un proceso	I	INPUT recurso proporcionado por el proveedor para la incorporación al proceso	P	PROCESS pasos realizados para convertir de entrada a salida	O	OUTPUT recurso resultante desde el proceso	C	CUSTOMER receptor de salida creada
TÍTULO DEL PROCESO:	CORTE Y CONTROL DIMENSIONAL								
PROVEEDORES		ENTRADA		PROCESO		SALIDA		CLIENTE	
	Cliente		Archivo/Plano	1	Recepción de orden de trabajo		Pieza cortada		Cliente
	Área de diseño		Dibujo de la pieza	2	Verificación de archivo/plano		Registro de tiempos de producción		Producción
	Jefe de producción		Orden de trabajo/Control operativo	3	Dibujo de pieza (Si aplica)		Registro de medición		Área de calidad
	Jefe de producción		Parámetros de corte	4	Cargue de programa a máquina		Pieza conforme/No conforme		Despacho
	Almacén		Material	5	Alistamiento de material		Observaciones del proceso		Otros procesos (Si se requiere)
	Operario		Programación CNC	6	Preparación de máquina		Pieza terminada		
	Área de calidad		Instrumentos de medición	7	Ubicación del punto cero				
				8	Corte CNC				
				9	Baja o retiro de piezas				
				10	Inspección en proceso				
				11	Producto terminado				

De igual forma, se construyó la matriz de características críticas a controlar de los productos más vendidos, obteniendo la tabla 12.

Tabla 12.

Matriz de características críticas.

Matriz de características criticas						
Proceso	**Producto**	**Característica a controlar**	**Especificación**	**Fuente de especificación**	**Instrumento de medición**	**Frecuencia de medición**
Mecanizado	MLE	Diámetro mayor	Depende del tipo de MLE (-2,5 mm)	Plano y requisitos del cliente	Calibrador	Inspección 100% por criticidad del producto.
		Largo total	Depende del tipo de MLE (± 1 mm)			
		Ancho	Depende del tipo de MLE (± 1 mm)			
		Longitud total entre media luna y pin	Depende del tipo de MLE (± 1,5 mm)			
		Espesor media luna	Depende del tipo de MLE (± 0,5 mm)			
		Altura del piso-carcasa	Depende del tipo de MLE (-0,2 mm)			
		Ajuste capilar	Debe ajustar por completo.		Prueba en dispositivo	
		Ajuste cable				
	Poporas	Alto	Indicado por el cliente ± 1 mm	Requisitos del cliente	Calibrador	En el proceso: Primera pieza y cada K piezas. Liberación: Al
		Pasa o no pasa	Ajuste de la cuña	Requisito funcional	Cuña	

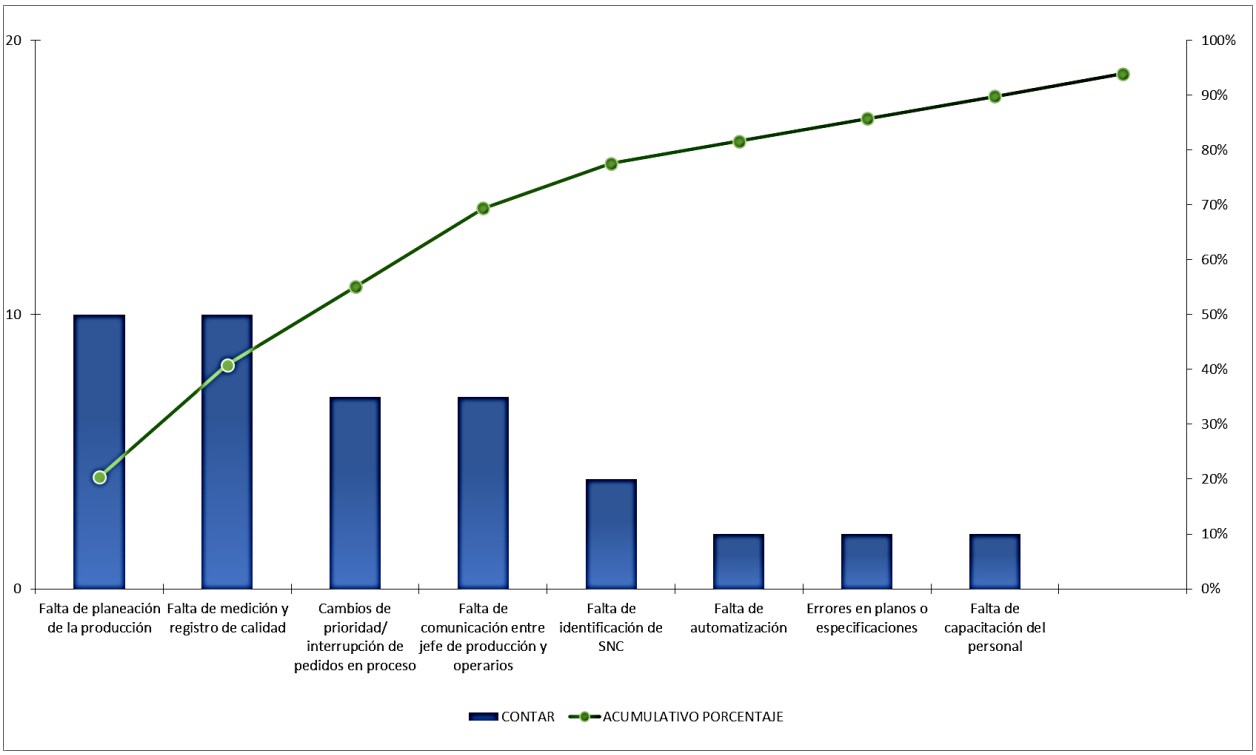
Matriz de características criticas						
Proceso	**Producto**	**Característica a controlar**	**Especificación**	**Fuente de especificación**	**Instrumento de medición**	**Frecuencia de medición**
	Conectores	Pasa o no pasa	Roscado completo	Requisito funcional	Rosca	azar según el tamaño de la muestra n.
Corte	Láminas para la estabilización de taludes	Largo	200 ± 3 mm	Plano y requisitos del cliente	Calibrador/Flexómetro	En el proceso: Primera pieza y cada K piezas. Liberación: Al azar según el tamaño de la muestra n.
		Ancho	200 ± 3 mm		Calibrador/Flexómetro	
		Espesor	1/2"		Calibrador	
	Láminas para la fabricación de prensas de extracción de aceite de palma	Largo	980 ± 3 mm	Plano y requisitos del cliente	Calibrador/Flexómetro	En el proceso: Primera pieza y cada K piezas. Liberación: Al azar según el tamaño de la muestra n.
		Ancho	980 ± 3 mm		Calibrador/Flexómetro	
		Espesor	32 mm		Calibrador	
	Láminas para protector de cable electro sumergible (Abrazaderas)	Largo	600 ± 3 mm	Plano y requisitos del cliente	Calibrador/Flexómetro	En el proceso: Primera pieza y cada K piezas. Liberación: Al azar según el tamaño de la muestra n.
		Ancho	200 ± 3 mm		Calibrador/Flexómetro	
		Espesor	3 mm		Calibrador	

6.3. Análisis de problemas y causas de no conformidad.

Con la finalidad de detectar las principales causas de no conformidad en los procesos de mecanizado y corte, se elaboró el diagrama de Pareto, a partir de los problemas identificados en el diagnóstico inicial y los resultados de la encuesta aplicada, dado que no se contaba con un registro histórico de frecuencia de defectos del producto, obteniendo la figura 10.

Figura 10.

Diagrama de Pareto.



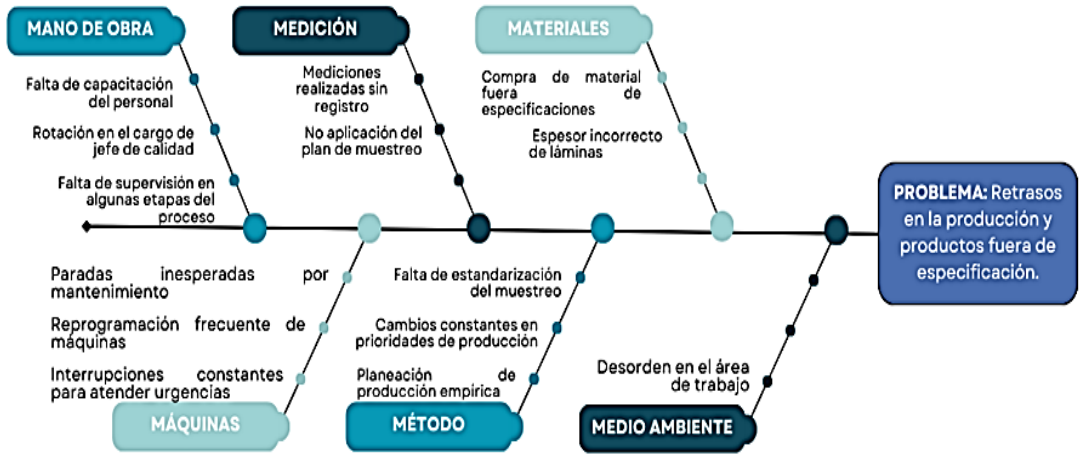
El análisis mediante el diagrama de Pareto permite evidenciar que el 78% de los problemas identificados en la operación se relacionan con cinco causas principales: la falta de planeación de la producción, la falta de medición y registro de calidad, los cambios de prioridad/interrupción de pedidos en proceso, la falta de comunicación entre jefe de producción y operarios y la falta de identificación de SNC.

Esto evidencia que el principal enfoque de mejora debe centrarse en fortalecer la planeación de la producción y el control de la calidad.

Por otro lado, con el fin de analizar los problemas detectados, se realizó el diagrama de Ishikawa, obteniendo como resultado la figura 11.

Figura 11.

Diagrama de Ishikawa.



El análisis mediante el diagrama de Ishikawa se realizó teniendo en cuenta lo ya determinado antes, identificando así las posibles causas que influyen en los retrasos de la producción y en los problemas de calidad, las cuales fueron categorizadas en las 6M: Mano de obra, máquina, material, medición, método y medio ambiente, evidenciando que las causas de mayor recurrencia se concentran en los factores de método y medición, en coherencia con lo obtenido en el análisis de Pareto.

Estos resultados confirman que las herramientas de control propuestas en el plan deben orientarse principalmente a estandarizar los métodos de trabajo y a fortalecer los procedimientos de medición y registro, por ser los factores que mayor impacto tienen sobre la calidad del proceso.

Teniendo en cuenta las causas potenciales obtenidas mediante el diagrama de Ishikawa, construido a partir de los cinco problemas principales identificados en Pareto, se aplicó la metodología de los 5 porqués a la causa potencial más representativa de cada problema, con el fin de profundizar hasta identificar su causa raíz y con estos resultados se construyó la tabla 13 que corresponde a la matriz de diseño del control.

Asimismo, el Plan de Control de Calidad integra tanto controles orientados directamente a la calidad del producto, como controles orientados al proceso y a la gestión de la producción, debido a que el diagnóstico evidenció que las causas raíz de los problemas de calidad no se limitan a variables del producto, sino que incluyen aspectos de gestión necesarios para prevenirlas.

Como se evidencia en la tabla 13, dos de los problemas priorizados comparten causas relacionadas con la no aplicación del plan de muestreo, lo que demuestra que el diseño del Plan de Control de Calidad no responde a un único problema de forma aislada, sino que es una solución a varias de las causas raíz identificadas, justificando así su implementación en los procesos productivos de Metalcort S.A.S.

Tabla 13.

Matriz de diseño del control.

Matriz de diseño del control									
Problema identificado	**Causa potencial**	**Causa raíz**	**Medida de control propuesta**	**Característica a controlar**	**Especificación**	**Método**	**Frecuencia**	**Criterio**	**Responsable**
Falta de planeación de la producción.	(Método): Planeación de producción empírica.	Ausencia de un procedimiento estandarizado de planeación de producción.	Al formato GOP-FT-04 (planeación de la producción), incorporar fecha planeada de entrega y tablero Kanban para conocer el estado de la orden en el flujo de producción.	Diligenciamiento del formato GOP-FT-04 por cotización/orden.	100% de cotizaciones/órdenes programas antes de iniciar producción.	Verificación documental.	Por cotización/ orden de producción.	Conforme si la orden está programada antes del inicio; no conforme si no lo está.	Coordinador de producción.
Falta de medición y registro de calidad.	(Medición): Mediciones realizadas sin registro y no aplicación del plan de muestreo.	No existe un procedimiento ni formato estandarizado que asegure la aplicación del registro de mediciones.	Rediseño de los formatos GOP-FT-02 (Control operativo) y GCC-FT-08 (Verificación y validación del producto), implementación de muestreo bajo MIL-STD-105E y diseño de PCC (GCC-PCC-01).	Diligenciamiento del formato GOP-FT-02 y GCC-FT-08 por lote.	Registro completo en el 100% de los lotes inspeccionados.	Verificación documental.	Por lote.	Conforme si el registro está completo; no conforme si hay campos vacíos o ausencia de registro.	Operario/ Líder de calidad.

Matriz de diseño del control									
Problema identificado	**Causa potencial**	**Causa raíz**	**Medida de control propuesta**	**Característica a controlar**	**Especificación**	**Método**	**Frecuencia**	**Criterio**	**Responsable**
Cambios de prioridad/interrupción de pedidos en proceso.	(Máquina/Método): Interrupción constante para atender urgencias y cambios constantes en prioridades.	Ausencia de un criterio formal de priorización de pedidos.	Inclusión de regla de priorización en el procedimiento de producción (GOP-PRO-01).	N° de órdenes entregadas a tiempo.	Cumplimiento de la meta de >=90% de órdenes entregadas a tiempo.	Verificación documental.	Mensual.	Conforme si se cumple la meta establecida; no conforme si no se cumple.	Coordinador de producción.
Falta de comunicación entre jefe de producción y operarios.	(Mano de obra): Falta de supervisión en algunas etapas del proceso.	Ausencia de un mecanismo formal de comunicación.	Tablero organizado con las órdenes del día y su prioridad basado en el formato GOP-FT-04.	Actualización del tablero por turno.	Tablero actualizado en el 100% de los turnos.	Verificación visual del tablero.	Diaria/por turno.	Conforme si el tablero refleja el estado real; no conforme si no se actualizó.	Jefe de corte.
Falta de identificación de SNC	(Mano de obra/Medición): Falta de capacitación del personal y no aplicación del plan de muestreo.	Falta de capacitación en identificación de no conformidades, combinada con la falta de aplicación del plan de muestreo.	Ajustes al procedimiento de SNC (GCC-PRO-02), rediseño del formato GCC-MT-01 (Registro de SNC), rediseño del formato GI-FT-02 (Solicitud de ACPM) e integración de ambos formatos.	N° de NC identificadas y clasificadas correctamente según GCC-PRO-02.	Identificación conforme al procedimiento GCC-PRO-02.	Verificación documental.	Mensual.	Conforme si la NC se identificó y clasificó según el procedimiento; no conforme si se omitió o clasificó mal.	Líder de calidad.

6.4. Definición de roles, responsabilidades y estructura del equipo.

Con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el numeral 5.2 de la ISO 9001:2015 respecto a la asignación de responsabilidades y autoridades, se elaboró una matriz RACI que define para cada actividad del plan de control de calidad, el nivel de participación de la gerencia, el líder de calidad, los jefes de mecanizado y corte, y los operarios, bajo las categorías de: responsable (R), aprobador (A), consultado (C) e informado (I).

Tabla 14.

Matriz RACI.

Actividad	Gerencia	Líder Calidad	Jefes mecanizado y corte	Operario
Definir objetivos y estándares	A	R	C	I
Medir características críticas	I	R	I	R
Registrar mediciones en formatos	I	R	I	R
Decidir aceptación/rechazo del lote	I	R	A	I
Clasificar reproceso, desecho o NC	I	R	C	I
Gestionar acciones correctivas	A	R	C	I
Verificar instrumentos de medición	I	R	C	I
Revisar indicadores mensualmente	A	R	C	I

Como se observa en la matriz, el líder de calidad tiene la mayoría de responsabilidades operativas (R) sobre la definición de estándares, la medición y el registro, mientras que la gerencia conserva el rol de aprobación (A) en las decisiones de mayor impacto, como la gestión de acciones correctivas y la revisión de indicadores. Los operarios, por su parte, son responsables directos de la medición y el registro en planta, y se mantienen informados sobre las decisiones de aceptación o rechazo del lote. Esta distribución garantiza que la autoridad y la responsabilidad estén claramente definidas y comunicadas en toda la organización, tal como lo exige la norma.

6.5. Diseño de los procedimientos de inspección, prueba y muestreo.

El sistema de inspección está compuesto por dos mecanismos de control diferenciados y complementarios, el primero corresponde al control en proceso, orientado a la detección de defectos durante la producción del lote, por medio de la medición de la primera pieza para asegurar la calidad desde el inicio del proceso y mediciones periódicas cada K piezas, K corresponde a la frecuencia de verificación durante el control en proceso (primera pieza + cada K piezas), y no forma parte del plan estadístico de aceptación del lote, por otro lado, el segundo corresponde a la inspección final o liberación del lote, que determina la aceptación o rechazo del lote mediante muestreo estadístico bajo MIL-STD-105E, aunque ambos mecanismos tienen el mismo fundamento técnico y características a controlar, no son el mismo procedimiento; el primero previene las NC durante la producción mientras que el segundo verifica la conformidad del producto terminado antes de su liberación.

Inicialmente se diseñó el procedimiento de inspección bajo Military Standard 105E, en el que se estableció que el método de medición sería mixto, en el que las dimensiones se obtienen como valor variable, posteriormente se compara con el límite especificado y se evalúa en atributos (Cumple/No cumple), para efectos del plan de muestreo, la ISO 2859-1 establece que se recomienda el nivel de inspección normal (II) al iniciar procesos de inspección, dado que es la primera vez en aplicarse una técnica de muestreo en la empresa, se optó por definir este nivel de inspección para el plan de muestreo, de igual manera, la selección del AQL no se basa en un valor universal definido, sino que este debe estar alineado al contexto del proceso, su capacidad real y el equilibrio entre el riesgo de rechazar lotes conformes y el costo operativo de una inspección más estricta (Álvarez Romero et al., 2022), por esta razón, se consideró que el valor de referencia bibliográfico de 2.5%, sería muy estricto para una empresa que aplica por primera vez un plan de

muestreo dado el nivel de fallas detectadas en el diagnóstico; teniendo en cuenta lo anterior, el límite de calidad aceptable (AQL) se estableció en 4%, como punto de partida basado en la capacidad real del proceso, sujeto a revisión y ajuste dependiendo del comportamiento y madurez del proceso.

De igual manera, el AQL no representa un porcentaje de defectos aceptado por la empresa, ni se considera una meta de calidad del proceso, es un parámetro estadístico utilizado únicamente para el diseño del plan de muestreo, que determina el riesgo asumido en la inspección por atributos.

Por otro lado, el tamaño de la muestra se define con base en las tablas de muestreo por atributos, la frecuencia de inspección es simple, es decir uno por lote, los criterios de aceptación están dado por la norma según el tamaño del lote, por facilidad de la empresa se decidió automatizar estos parámetros en el formato digital, además de eliminar casillas que eran redundantes y que complicaba el correcto diligenciamiento del control operativo, de este formato los operarios son responsables del registro por cada lote que se produzca, asegurando así la detección interna de reprocesos y desechos, logrando evitar la generación de no conformidades.

En cuanto a la inspección final, se define el tamaño del lote (N), el tamaño de la muestra (n) y el criterio de aceptación (Ac) basado en el método de muestreo (MIL-STD-105E), se hace muestreo simple seleccionando de manera aleatoria el tamaño de la muestra y realizando medición de las características críticas, para definir si el producto cumple o no cumple con los requisitos especificados, dando liberación final al lote por parte del líder de calidad.

De igual manera, se parametrizó el plan de muestreo de la norma MIL-STD-105E con inspección normal, nivel de inspección II y un AQL de 4%. La Tabla 15 presenta, para cada rango de tamaño de lote, la letra código, el tamaño de muestra (n) y los números de aceptación (Ac) y

rechazo (Re), de forma que el procedimiento pueda aplicarse a cualquier lote sin recurrir cada vez a las tablas de la norma. Esta misma parametrización se integró en los formatos digitales de Control operativo y verificación y validación del producto y/o servicio, que calcula automáticamente n, Ac y Re a partir del tamaño del lote.

Tabla 15.

Parámetros del plan de muestreo por atributos según MIL-STD-105E.

Tamaño del lote		Código Nivel de inspección II	n	Ac	Re
2	8	A	2	0	1
9	15	B	3	0	1
16	25	C	5	0	1
26	50	D	8	1	2
51	90	E	13	1	2
91	150	F	20	2	3
151	280	G	32	3	4
281	500	H	50	5	6
501	1200	J	80	7	8
1201	3200	K	125	10	11
3201	10000	L	200	14	15
10001	35000	M	315	21	22
35001	150000	N	500	21	22
150001	500000	P	800	21	22
Mayor a	500000	Q	1250	21	22

En cuanto a las no conformidades, se definió con la empresa el concepto de no conformidad como el producto que no cumple con los requisitos o especificaciones establecidas, independientemente del punto del proceso en el que sea detectado, cuando esto sucede se debe dar registro a la NC: Describir la fecha, el área, quién la detectó y el requisito incumplido, hacer la descripción y la evidencia objetiva, además de definir el tratamiento de la misma, describirlo y dar cierre a la NC; el tratamiento se define en: Corrección, Contención, Separación, Devolución, Suspensión, Informar al Cliente, Aceptación bajo Concesión y/o Desechar, definido el tratamiento se debe definir el tipo de acción a realizar, la fuente que la origina, la descripción de la NC, el

impacto generado y por medio de la metodología Ishikawa definir la causa raíz en el formato de Solicitud de acciones correctivas, preventivas y/o de mejora.

Luego, definir el plan de acción y el seguimiento al mismo, la eficiencia de la acción tomada y el cierre de la acción, finalmente, se entrega o libera el producto, cuando se han presentado las acciones correctivas adecuadas y/o se ha determinado la aceptación del producto bajo concesión o acuerdo con el cliente.

Para el aseguramiento de la calidad se estableció un cronograma de verificación y calibración de instrumentos de medición, los cuales se verifican cada cuatrimestre y se registra los datos en el formato de Verificación instrumentos de medición, en el que se realizan cuatro mediciones haciendo uso de los patrones de la empresa, se calcula el promedio, la desviación identificada y el resultado de verificación, asegurando que cumpla con la tolerancia, en caso de que un instrumento resulte no apto para su uso, se debe evaluar la validez de las mediciones realizadas previamente con este instrumento y decidir su disposición, evaluando si dar de baja el instrumento o asignarlo a otra área donde no sea tan necesaria la precisión del mismo.

6.6. Diseño del sistema de documentación y registros.

Inicialmente se realizó una revisión documental de los procesos y de los formatos existentes en la empresa, con el fin de identificar aquellos documentos que requerían ajustes, actualización o diseño, esta revisión permitió identificar oportunidades de mejora relacionadas con la duplicidad de información, falta de estandarización, ausencia de controles y baja trazabilidad de los registros.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico, los cambios definidos para la implementación del Plan de Control de Calidad y lo establecido por la ISO 9001:2015, se

diseñaron y/o rediseñaron los documentos necesarios para ejecutar la nueva metodología de control, los documentos ajustados y los principales cambios realizados se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16.

Formatos diseñados y/o rediseñados.

Código	Formato	Propósito	Cambios
GCC-FT-01	Listado de Instrumentos de medición	Mantener actualizado el inventario y facilitar la identificación y trazabilidad de los instrumentos de medición.	Eliminación de casillas repetitivas, simplificación del registro e integración directa con las hojas de vida de los instrumentos.
GCC-FT-02	Cronograma de Verificación y Calibración de instrumentos de medición	Planificar y controlar las fechas de verificación y calibración, asegurando la confiabilidad y el buen estado de los instrumentos de medición.	Separación de las actividades de verificación y calibración y automatización de alertas de vencimiento.
GCC-FT-05	Verificación instrumentos de medición	Comprobar el estado y confiabilidad de los instrumentos de medición mediante la comparación de sus resultados con las tolerancias establecidas.	Incorporación del promedio de lecturas (mediciones), cálculo de la desviación y ajuste de la tolerancia según las especificaciones del fabricante.
GCC-FT-08	Verificación y validación del producto o servicio	Registrar y controlar las características críticas del producto para verificar su conformidad antes de la liberación.	Reincorporación del formato al SGC y adaptación al método de muestreo establecido (MIL-STD-105E).
GCC-PCC-01	Plan de control de calidad	Establecer la metodología, criterios, frecuencia y controles necesarios para asegurar la calidad de los productos y procesos.	Diseño integral del plan de control de calidad bajo el método Military Standard 105E y articulación con los controles establecidos.
GCC-MT-01	Registro de Salidas No Conformes	Registrar y realizar seguimiento a los productos que incumplan los requisitos establecidos, desde su detección hasta su disposición.	Rediseño del formato para fortalecer el registro y trazabilidad de las no conformidades.

Código	Formato	Propósito	Cambios
GCC-PRO-02	Procedimiento control de salidas no conformes	Establecer la metodología para identificar, controlar, tratar y cerrar las salidas no conformes.	Actualización y articulación con los formatos de SNC y de acciones correctivas, preventivas y/o de mejora.
GG-FT-04	Ficha de indicadores calidad.	Medir y realizar seguimiento al desempeño de los indicadores clave de calidad para apoyar la toma de decisiones basada en datos.	Separación de indicadores de verificación y calibración e incorporación del indicador de SNC.
GG-FT-05	Ficha de indicadores producción.	Medir y controlar el desempeño de producción mediante indicadores relacionados con el cumplimiento de las entregas.	Redefinición del indicador de cumplimiento de entregas considerando los tiempos pactados.
GI-FT-02	Solicitud de acciones correctivas, preventivas y/o de mejora	Registrar, gestionar y realizar seguimiento a las acciones derivadas de no conformidades y oportunidades de mejora.	Incorporación del tipo de acción, seguimiento y evaluación de su eficacia.
GOP-FT-02	Control operativo	Controlar los tiempos de producción y medición en el proceso para asegurar el cumplimiento de los requisitos y prevenir NC, reprocesos y desechos.	Adaptación al nuevo método de medición (MIL-STD-105E), eliminación de casillas duplicadas y automatización del diligenciamiento.
GOP-FT-04	Planeación y control operacional	Planificar y realizar seguimiento a las órdenes de producción, considerando prioridades y tiempos de entrega.	Incorporación de la fecha planeada de entrega y tablero Kanban para visualizar el estado de las órdenes.
GOP-PRO-01	Procedimiento de producción	Estandarizar las actividades y controles necesarios para la ejecución del proceso de producción.	Actualización de acuerdo con los cambios realizados en los formatos y los requisitos de la ISO 9001:2015.

Los cambios realizados en formatos y procedimientos dieron cumplimiento de manera simultánea a las oportunidades de mejora identificadas en la auditoría interna realizada en el mes de diciembre, tal como se detalla en el diagnóstico.

Por otro lado, se definió un plan de reacción para cada punto de control del proceso obteniendo la tabla 17.

Tabla 17.

Plan de reacción.

Plan de reacción					
Resultado	**Acción inmediata**	**Producto afectado**	**Responsable**	**Registro**	**Disposición del producto**
Conforme en proceso.	Continuar producción.	N/A	Operario.	GOP-FT-02	Entrega a líder de calidad.
Conforme en inspección final.	Dar liberación al lote.	N/A	Líder de calidad.	GCC-FT-08	Entrega al encargado de despachos.
No conforme en proceso.	Detener, aislar piezas desde la última medición conforme, ajustar proceso y medir la pieza nueva.	Desde la última pieza conforme.	Operario.	GOP-FT-02	Entrega a líder de calidad para tomar la decisión de reprocesar o desechar.
No conforme en inspección final.	Cantidad de defectos en la muestra >Ac se procede al rechazo, aislamiento y posterior evaluación del lote completo; y en caso contrario, se aíslan únicamente las piezas no conformes.	Cantidad de defectos en la muestra >Ac se rechaza todo el lote y se realiza reinspección del lote completo, en caso contrario, se gestionan las unidades no conformes mediante reproceso, reclasificación o desecho, según su condición.	Líder de calidad.	GCC-FT-08	Reprocesar, Uso bajo acuerdo, Reclasificar o Desechar.
No conformidad externa.	Contener y analizar causas.	Lote entregado al cliente.	Líder de calidad.	GCC-MT-01	Reprocesar, Reclasificar o Desechar.

6.7. Planificación de recursos y plazos.

Para la ejecución del plan de control de calidad se establecieron los meses de julio y agosto, para realizar la comparación con la línea base que fue establecida para mayo y junio, por lo tanto, se realizó el presupuesto y el cronograma para estos dos meses.

Tabla 18.

Presupuesto de la implementación del PCC.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO						
#	**Concepto / Descripción**	**Justificación**	**Cant.**	**Valor Unit. (COP)**		**Total (COP)**
		RECURSOS HUMANOS				
1	Practicante (horas dedicadas al proyecto)	16 hrs/sem × 8 semanas	128	$	10.938	**$ 1.400.000**
2	Director del proyecto (Revisiones y reuniones de seguimiento)	2 hrs/sem × 8 semanas	16	$	8.338	**$ 133.408**
3	Tutor de la empresa	1 hrs/sem × 8 semanas	8	$	8.338	**$ 66.704**
		MATERIALES Y SUMINISTROS				
4	Resma de papel carta	Impresión de formatos y documentos del plan	1	$	15.000	**$ 15.000**
6	Carpeta	Entrega formal del plan	1	$	10.000	**$ 10.000**
7	Lapiceros y útiles	Material de papelería general	1	$	10.000	**$ 10.000**
		EQUIPOS Y SOFTWARE				
8	Uso de computador portátil (depreciación)	Herramienta principal para diseño y análisis	5	$ 2.000.000		**$ 233.333**
9	Licencia Office 365	Diseño de formatos, análisis de datos y presupuesto	7	$	37.000	**$ 259.000**
		TRANSPORTE Y DESPLAZAMIENTO				
11	Desplazamiento a la empresa	8 semanas	8	$	10.000	**$ 80.000**
		BIBLIOGRAFÍA Y NORMAS				
13	Acceso Norma NTC ISO 9001:2015	Base normativa del plan de control de calidad	1	$	-	**$ -**
14	Acceso a bases de datos académicas	Revisión del estado del arte	1	$	-	**$ -**
		COMUNICACIONES				
16	Internet	Investigación, reuniones virtuales y trabajo.	8	$	-	**$ -**
				TOTAL GENERAL DEL PROYECTO		**2.207.445**

Nota: Los rubros con valor de $0, son recursos con los que ya cuenta la empresa (Normativa e internet) o son de libre acceso (Bases de datos académicas)

En cuanto a los plazos se define el cronograma para estos dos meses obteniendo la tabla 19.

Tabla 19.

Cronograma de implementación del PCC.

CRONOGRAMA DE TRABAJO .										
			Julio 2026					Agosto 2026		
Etapa / Actividad	**Responsable**	**S1 01/07**	**S2 08/07**	**S3 15/07**	**S4 22/07**	**S5 29/07**	**S6 05/08**	**S7 12/08**	**S8 19/08**	**S9 26/08**
Aplicación piloto del plan en mecanizado y corte	Practicante	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Registro de evidencias e indicadores	Practicante	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ajustes finales y documentación de resultados	Practicante								X	X

6.8. Implementación y validación de efectividad.

Seguido a esto, para cada uno de los meses se registraron los hallazgos y su clasificación según su destino real del defecto, obteniendo lo siguiente:

Tabla 20.

Hallazgos Mayo.

MAYO								
Área	**Producto**	**Cantidad SNC**	**Reproceso**	**Cantidad**	**Desecho**	**Cantidad**	**Total producido del lote**	**¿Llegó al cliente?**
Mecanizado	MLE	6	X	6	-	-	6	Sí
Corte	Piñones	4	-	-	X	4	4	Sí
Mecanizado	Bujes	-	X	13	X	7	1040	No

MAYO								
Área	**Producto**	**Cantidad SNC**	**Reproceso**	**Cantidad**	**Desecho**	**Cantidad**	**Total producido del lote**	**¿Llegó al cliente?**
Mecanizado	Media luna	-	-	-	X	1	6	No
Mecanizado	Pines	-	-	-	X	3	500	No
Mecanizado	Láminas	-	-	-	X	3	8	No
Mecanizado	Conectores	-	-	-	X	2	2000	No

Tabla 21.

Hallazgos Junio.

JUNIO								
Área	**Producto**	**Cantidad SNC**	**Reproceso**	**Cantidad**	**Desecho**	**Cantidad**	**Total producido del lote**	**¿Llegó al cliente?**
Mecanizado	MLE	-	X	16	-	-	16	No
Corte	Discos	4	-	-	X	4	4	Sí
Mecanizado	Conectores	-	-	-	X	4	2000	No
Mecanizado	MLE	8	-	-	X	8	10	Sí
Corte	Martillos	-	-	-	X	60	60	No
Corte	Láminas	2	X	2	-	-	4	Sí

Para los meses de mayo y junio que corresponde a la línea base, se evidencia un alto número de desechos concentrados en el área de mecanizado, mientras que las SNC se presentan tanto en mecanizado como en corte, lo cual prueba que, el producto no conforme no siempre era detectado ni identificado de manera oportuna, a pesar de estar presente en el proceso.

Tabla 22.

Hallazgos Julio.

JULIO								
Área	**Producto**	**Cantidad SNC**	**Reproceso**	**Cantidad**	**Desecho**	**Cantidad**	**Total producido del lote**	**¿Llegó al cliente?**
Mecanizado	Conector	-	-	-	X	4	2000	No
Corte	Según molde	22	X	22	-	-	22	Sí
Mecanizado	MLE	-	-	-	X	2	7	No
Mecanizado	Poporas	-	-	-	X	12	279	No

Tabla 23.

Hallazgos Agosto.

AGOSTO								
Área	**Producto**	**Cantidad SNC**	**Reproceso**	**Cantidad**	**Desecho**	**Cantidad**	**Total producido del lote**	**¿Llegó al cliente?**
Mecanizado	Conector	-	X	2	X	7	1000	No
Corte	Según molde	4	-	-	X	4	15	Sí
Mecanizado	Según plano	-	-	-	X	1	1	No
Mecanizado	Tornillo	-	-	-	X	8	30	No

Para los meses de implementación, las SNC se presentaron con mayor frecuencia en el área de corte, mientras que los desechos provienen nuevamente del área de mecanizado, lo cual sugiere una mayor atención en esta área en las siguientes etapas de seguimiento del plan.

Seguido de esto, se realizó la comparación de los resultados obtenidos durante estos cuatro meses de medición, donde los hallazgos internos corresponden a una cifra de consolidación que

permite verificar la coherencia del conteo y no constituyen un indicador del plan de control de calidad, por lo que el análisis de resultados se centra en los hallazgos externos (SNC), los reprocesos y los desechos, obteniendo la tabla 24 y representados en la figura 12.

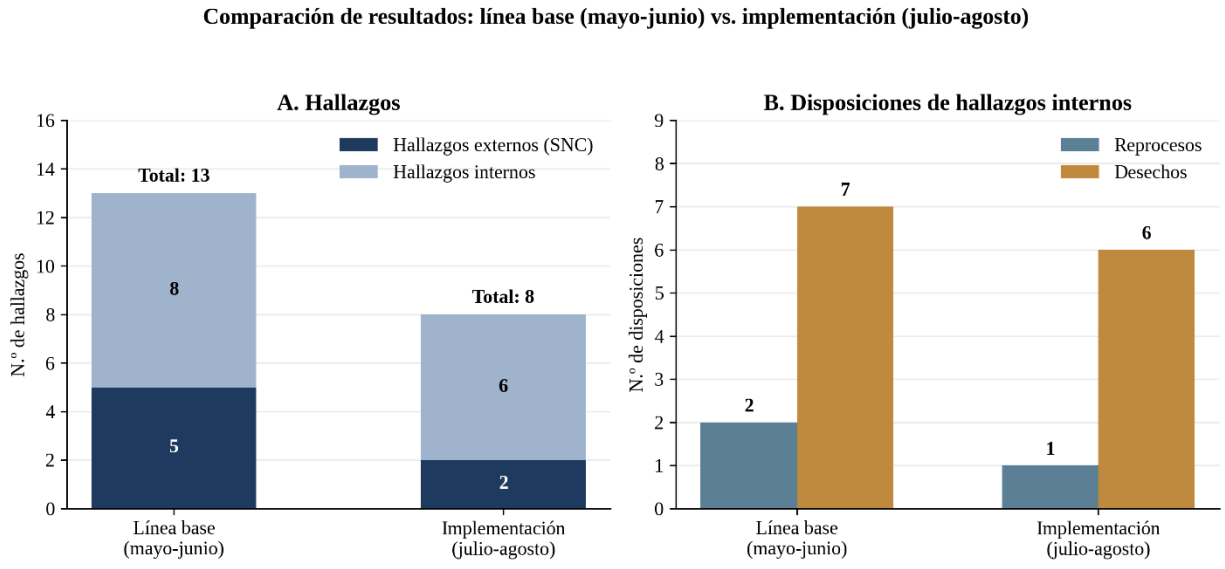
Tabla 24.

Comparación de resultados.

Comparación de resultados				
Mayo-Junio	**N°**	**Julio-Agosto**	**N°**	**Reducción (%)**
Hallazgos externos (SNC)	5	Hallazgos externos (SNC)	2	**60%**
Hallazgos internos	8	Hallazgos internos	6	**25%**
Total hallazgos	13	**Total hallazgos**	8	**38,5%**
Disposiciones de hallazgos internos				
Reprocesos	2	Reprocesos	1	**50%**
Desechos	7	Desechos	6	**14,3%**

Figura 12.

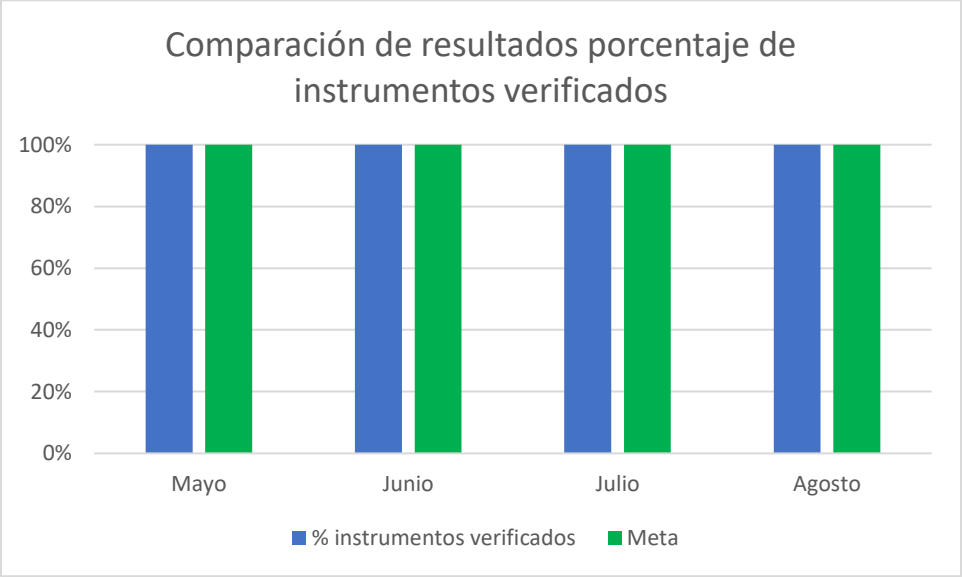
Comparación de resultados.



De igual forma, se realizó la comparación y análisis de los resultados obtenidos para el indicador de verificación de instrumentos de medición obteniendo la figura 13.

Figura 13.

Comparación de resultados del indicador porcentaje de instrumentos verificados.



Los resultados obtenidos durante la implementación del plan de control de calidad, permiten observar una mejora y sostenibilidad en el desempeño de los indicadores de calidad asociados a los productos y/o servicios, comparado con lo obtenido de la línea base que corresponde a los meses de mayo y junio, de igual manera la reducción en el número de hallazgos identificados constituye una evaluación inicial de la efectividad del Plan de Control de Calidad, se requiere seguimiento posterior para determinar la sostenibilidad de la mejora observada.

La comparación permitió identificar una reducción en el número de hallazgos de salidas no conformes y en el número de disposiciones de reprocesos y desechos registrados durante el periodo de levantamiento de datos, esta reducción evidencia una tendencia favorable compatible con una mejora en el control de los procesos, debido a que la metodología aplicada permitió la

detección durante las distintas etapas de producción, disminuyendo la probabilidad de que los productos con defectos avancen hasta etapas finales o lleguen al cliente.

El indicador de instrumentos verificados se mantuvo en 100% durante todo el periodo analizado, cumpliendo con la meta establecida, lo que evidencia el cumplimiento de manera sostenida de la verificación de los instrumentos de medición, asegurando de esta manera la calidad en la medición de los lotes y asimismo su liberación.

En el caso de las salidas no conformes, la disminución obtenida (60%) posterior a la implementación permite observar un mayor control sobre las condiciones que pueden generar el incumplimiento de los requisitos, el uso de los formatos de calidad en la etapa de inspección permitió identificar internamente las piezas que no cumplen, evitando que lleguen al cliente y en caso de que suceda, se estableció un procedimiento, para su registro, análisis, tratamiento y seguimiento.

Por otro lado, en cuanto a los reprocesos, con la reducción obtenida (50%) se observa una mejora en la detección de errores durante el proceso de producción; la implementación del muestreo, la medición de características críticas y el registro de las mediciones, permitieron la identificación de piezas defectuosas antes de finalizar el proceso, logrando así actuar de manera oportuna y reducir los tiempos al no tener que repetir operaciones durante los procesos.

Respecto a los desechos, la disminución (14,3%) aunque evidencia una tendencia favorable que podría estar relacionada con el fortalecimiento de los controles durante los procesos y con la identificación de piezas que no cumplen desde etapas iniciales, su magnitud es reducida, en consecuencia, el desecho se mantiene como el indicador con mayor prioridad de seguimiento en las siguientes etapas, con el fin de reforzar las acciones de control en los procesos.

Además, el incremento o aparición de registros de hallazgos durante la implementación no debe interpretarse como un resultado negativo, debido a que antes de la implementación del plan, la ausencia de un método de muestreo e inspección constante limitaba la capacidad de detectar y registrar oportunamente dichos hallazgos, por esta razón el solo hecho de identificar y registrar estos hallazgos es una mejora al sistema de control, ya que permite conocer el comportamiento real del proceso y obtener información para la toma de decisiones.

En cuanto al cumplimiento de la empresa frente a los capítulos de la ISO 9001:2015 de los capítulos 7, 8 y 10, se obtuvo lo siguiente: (Ver apéndice E).

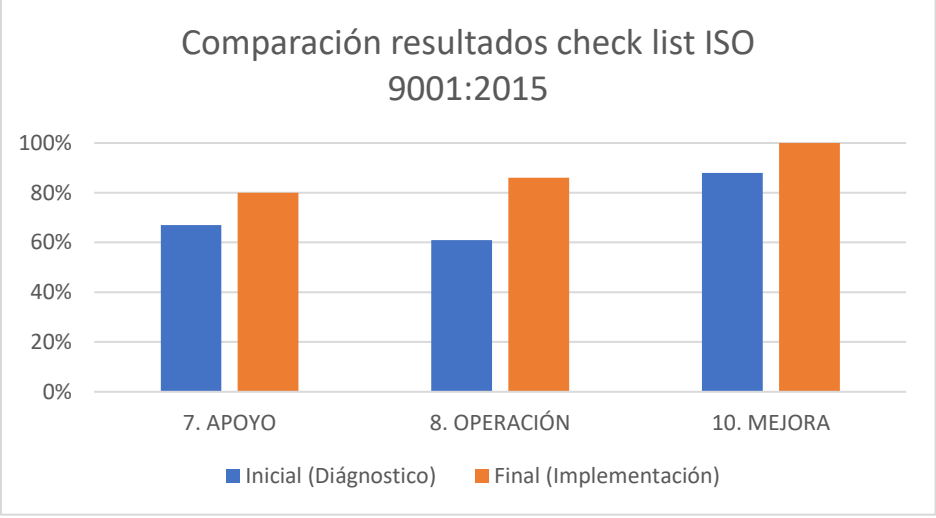
Tabla 25.

Resultados de cumplimiento del Checklist.

Capítulo ISO 9001:2015	Requisito	Cumplimiento	Mejora
Capítulo 7	Apoyo	80 %	**+ 13%**
Capítulo 8	Operación	86 %	**+ 25%**
Capítulo 10	Mejora	100 %	**+ 12%**

Figura 14.

Comparación de resultados de cumplimiento del Checklist.



El plan de control de calidad impactó de manera positiva en el cumplimiento de los requisitos de la NTC ISO 9001:2015, mejorando el apoyo al sistema de gestión que alcanzó un cumplimiento del 80%, que representa una mejora del 13%, el control operativo de los procesos de mecanizado y corte alcanzó un cumplimiento del 86%, con una mejora del 25%, siendo este el mayor incremento registrado y el capítulo 10, que corresponde a mejora, alcanzó un cumplimiento del 100%, con una mejora del 12%.

Estos resultados permiten evidenciar que el impacto del proyecto no se limitó al diseño o modificación de documentos, sino que contribuyó al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) mediante la estandarización de actividades, el establecimiento de criterios de inspección, el fortalecimiento del control operacional, el registro de mediciones y el seguimiento de indicadores.

De igual manera, con el propósito de documentar el funcionamiento del Plan de Control de Calidad, se aplicó el procedimiento con una orden real del área de corte, que consta de tres ítems: 18 láminas, 8 láminas y 16 láminas con 6 perforaciones. En la etapa de control en proceso, se realizó la entrega del formato de Control Operativo al operario encargado del corte, quien registró un tiempo total de producción de 3 horas, conforme a las variables definidas el operario debía medir las características críticas especificadas: Largo, ancho, espesor y diámetro de perforación cada 3 piezas para los ítems 1 y 3 y cada 4 piezas para el ítem 2. Al verificar que las mediciones se encontraban dentro de la tolerancia establecida, se determinó que las piezas cumplían con la especificación, dando por finalizada la etapa de control en el proceso.

Seguido a esto, se realizó la inspección final por parte del área de calidad, según la MIL-STD-105E, para los ítems 1 y 3 se determinó un tamaño de muestra de 5 piezas y para el ítem 2 de 2 piezas, las cuales se seleccionaron de forma aleatoria, con un criterio de aceptación (Ac) de

cero para los tres ítems. Al realizar la medición de las piezas muestreadas, se confirmó su conformidad frente a la especificación y se dio liberación al lote. (Ver apéndice F).

En cuanto a la socialización de los resultados del proyecto esta fue llevada a cabo en el mes de septiembre, contando con la participación del jefe de ingeniería y ventas, los jefes de mecanizado y corte, el coordinador de producción y la líder de calidad, la reunión tuvo como propósito presentar los resultados obtenidos durante la implementación del Plan de Control de Calidad en los meses de julio y agosto, explicar los principales cambios realizados al SGC y la mejora en el cumplimiento de los capítulos 7, 8 y 10 de la ISO 9001:2015, con el fin de evidenciar el impacto de las acciones implementadas, como prueba de la socialización se incluye la lista de asistencia, en la cual se registra la participación de los responsables de los procesos. (Ver apéndice G).

Finalmente, se realizó la entrega formal y física del Plan de Control de Calidad, dejando a disposición de la empresa el documento soporte para continuar con la implementación y seguimiento de la metodología propuesta, además de dar cumplimiento a los objetivos del presente proyecto de grado.

6.9. Establecimiento de mecanismos de mejora continua.

Luego de haber validado el plan y con el fin de asegurar la mejora continua se definieron tres mecanismos, priorizando herramientas de implementación inmediata y baja complejidad operativa, teniendo en cuenta el nivel de madurez actual del SGC, estos son:

- La revisión mensual de los indicadores de calidad, el cual consta en que el Líder de Calidad y los jefes de mecanizado y corte se reúnen mensualmente para revisar los 4

indicadores de calidad, analizar tendencias y definir acciones de mejora, usando el Formato GG-FT-04-FICHA DE INDICADORES.

- Las auditorías internas, en las que los hallazgos obtenidos de las auditorías internas realizadas por la empresa periódicamente se usan como mecanismo de mejora para el plan de control de calidad en los procesos de mecanizado y corte.
- Finalmente, la actualización del plan que se revisa anualmente o ante cambios en procesos, requisitos del cliente, NC sistemáticas, o resultado de auditoría.

7. Limitaciones.

Inicialmente, una de las limitaciones fue el alcance del plan de control de calidad, que se concentró en los procesos de mecanizado y corte, sin extenderse a otros procesos productivos de la empresa.

La principal limitación del proyecto fue el histórico de datos, no se contaba con una línea base para conocer el estado de la empresa y el indicador de Salidas No Conformes no se registraba de manera constante, lo que impidió tener un panorama de mejora en la empresa.

De igual manera, la adaptación del personal operativo al uso de los nuevos formatos y procedimientos de control, lo que pudo afectar la consistencia inicial de los registros.

Y finalmente, el periodo de validación del plan fue corto (Julio a agosto), lo que permitió observar una tendencia inicial, pero no evaluar el comportamiento de los indicadores en el mediano o largo plazo.

8. Conclusiones.

La realización del presente proyecto en la empresa Metalcort S.A.S. permitió identificar deficiencias en el control de calidad, la inspección y la planificación de la producción en las áreas

de mecanizado y corte, justificando el diseño e implementación de un Plan de Control de Calidad que fortaleciera estos procesos bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015.

En el diagnóstico inicial, se identificaron cinco problemas principales: falta de planeación de producción, falta de medición y registro de calidad, cambios de prioridad en los pedidos, falta de comunicación entre el jefe de producción y los operarios, y falta de identificación de salidas no conformes, este diagnóstico permitió establecer la línea base de los indicadores de calidad para los meses de mayo y junio, obteniendo como resultado 5 salidas no conformes, 2 reprocesos y 7 desechos y 100% de cumplimiento en la verificación de los instrumentos de medición.

Por otro lado, se llevó a cabo una revisión del estado del arte que permitió identificar los métodos, enfoques y herramientas utilizados para el mejoramiento de la calidad, entre estos el muestreo por atributos bajo MIL-STD-105E e internacionalmente ISO 2859, cuyo análisis de ventajas, alcances y limitaciones fundamentó la base técnica del diseño del plan.

A partir de estos hallazgos, se diseñó el plan de control de calidad basado en los requisitos de la ISO 9001:2015, incorporando la caracterización de los formatos de inspección, el procedimiento de muestreo por atributos y los indicadores de calidad del proceso, logrando de esta manera la estandarización del control de la calidad en la empresa.

El plan propuesto se validó por medio de su aplicación directa en los procesos de mecanizado y corte durante el periodo de julio y agosto, obteniendo una variación porcentual del 38,5% en el total de hallazgos de calidad respecto a la línea base, con disminuciones individuales del 60% en salidas no conformes, 50% en reprocesos y 14,3% en desechos. Asimismo, el indicador de verificación de instrumentos de medición se mantuvo en el 100% durante todo el periodo analizado, asegurando la confiabilidad en las mediciones.

En conclusión, el desarrollo del proyecto permitió identificar causas asociadas a los principales problemas de calidad en Metalcort Ingeniería S.A.S. y diseñar un plan de control basado en la NTC ISO 9001:2015, cuya validación inicial por medio de aplicación directa permitió observar una tendencia favorable compatible con una mejora de control, representada en los indicadores de calidad y en el cumplimiento de los requisitos de la norma, lo cual constituye una base estructurada para la continuidad del plan y el fortalecimiento del sistema de gestión de calidad de la empresa, quedando como recomendación la construcción de un registro confiable de producción total que permita a largo plazo, complementar el conteo de hallazgos y de disposiciones con indicadores basados en tasas porcentuales.

9. Recomendaciones.

Finalmente, se generan las siguientes recomendaciones para la organización Metalcort Ingeniería S.A.S para futuros proyectos:

- Se recomienda consolidar una línea base para futuras evaluaciones de SGC por medio de un histórico de datos de los siguientes indicadores de calidad: Salidas no conformes, reprocesos y desechos, además del total de producción mensual.
- Se recomienda ampliar la aplicación del plan de control de calidad a los otros procesos productivos de la empresa, una vez terminada la validación de los resultados obtenidos en mecanizado y corte.
- Se recomienda mantener la capacitación periódica al personal operativo sobre el correcto diligenciamiento de los formatos y la identificación de NC, reprocesos y desechos en los procesos.
- Se recomienda la digitalización del SGC con el fin de conservar información, establecer una base robusta, disminuir el consumo de papel y avanzar hacia la automatización.

Referencias bibliográficas.

Acosta, P. S., Macías, C. J. G., Muñoz, L. A. L., & Morales, C. o. F. (2025b). Implementación de un sistema de calidad para mejorar el desempeño en una Pyme familiar de metalmecánica en Ciudad Juárez. Un caso de estudio. *Revista Doxa/Revista Doxa Digital (En LíNea)*, *14*(27). https://doi.org/10.52191/rdojs.2025.367

Alva Rocha, L. A., Cervantes Zubirías, G., Méndez Flores, M. M., Morales Rodríguez, M. A., & Sandoval Flores, G. (2024). Implementación de la mejora continua aplicada al proceso productivo de la empresa recicladora sustentable en Reynosa Tamaulipas. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, *14*(28). https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1863

Álvarez Romero, D. E., Castañeda Sáenz, D. J., Rosero Machado, A. R., & Yanchapaxi Vilatuña, M. G. (2022). Planes de muestreo por atributos aplicados al ámbito industrial; una revisión de literatura. *Tambara*, *17*(97), 1411–1423. https://tambara.org/wp-content/uploads/2022/03/3.PlanMuestro_Alvarez_et_al.pdf

Angarita, V. (2018, 16 noviembre). *Diseño del sistema de gestión de calidad con base en la norma iso 9001: 2015, en la empresa metalmecánica sierra s.a.s para el mejoramiento de sus procesos.* http://repositorio.unisinucartagena.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/128

Barrera, D. (2018). Implementación de un plan de calidad para obras metal mecánicas en la empresa VYP ICE Sac. (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico). Universidad de Nacional del Centro del Perú Facultad de Ingeniería Mecánica, Huancayo-Perú.

Burgasí Delgado, D. D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la

educación: Una revisión de los últimos 7 años. *Revista electrónica Tambara*, (84), 1212–1230.

Cabanillas, C., Resinas, M., & Ruiz-Cortés, A. (2017). A template-based approach for responsibility management in executable business processes. *Enterprise Information Systems*, *12*(5), 550-586. https://doi.org/10.1080/17517575.2017.1390166

Carrizo, Dante, & Alfaro, Andres. (2018). Método de aseguramiento de la calidad en una metodología de desarrollo de software: un enfoque práctico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *26*(1), 114-129. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000100114

Chávez, L., De-La-Rosa, S., Manjarres, J., Valbuena, S., & Becerra-Torres, M. (2024). Diagrama de Pareto. Perspectiva de la Asignatura de Control de la Calidad. Boletín de Innovación Logística y Operaciones, 6(1), 51-56. https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.07

Crosby, PB (1979). *La calidad es gratis: El arte de garantizar la calidad* . McGraw-Hill.

Defeo, JA y Juran, JM (2010). *Manual de calidad de Juran: La guía completa para la excelencia en el desempeño* (6.ª ed.). Nueva York: McGraw-Hill.

Defiatri, D., & Damayanti, R. W. (2023). Acceptance Sampling MIL-STD 105E for Quality Control: A Case Study. *E3S Web Of Conferences*, *465*, 02043. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346502043

Duarte Farías, P. (2019).Propuesta de desarrollo de un sistema de gestión de calidad para una empresa metalmecánica pequeña, basado en la Norma ISO 9001:2015. Disponible en https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170637

Efraín, V. F. C. (2018, 1 mayo). *El Checklist como herramienta del Sistema de Gestión de calidad y la competitividad en la operadora de Transporte Terrestre Urbano del Cantón Milagro*. http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/4023

Fazli Idris, M. Muzamil Naqshbandi, (2018) "Explorando las prioridades competitivas en el sector de servicios: evidencia de la India", Revista Internacional de Ciencias de la Calidad y el Servicio , https://doi.org/10.1108/IJQSS-02-2018-0021

Figueroa, F. (2009). *DISEÑO DEL SISTEMA DE PLANEACION y CONTROL ESTRATEGICO y OPERACIONAL BAJO LA NORMA ISO 9001 VERSION 2000, PARA UNA EMPRESA METALMECANICA* [UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE]. https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/7f7e98bb-1d7c-4a89-b14a-882189440669/content

Fernández, N., & Ortega, E. (2008). Calidad de gestión en las unidades de información de la Universidad del Zulla: paradigma de innovación en la sociedad del conocimiento. Telos , 10 (2), 209-236.

Furterer, S. L., & Wood, D. C. (2021). *The ASQ Certified Manager of Quality/organizational Excellence Handbook*.

Hernández Melendez, C. M., Jasso Guerrero, H., López García, R. D., Coronado Reyes, H., & Maldonado Reyes, A. (2024). Implementación de Metodología DMAIC para la Mejora de la Calidad y Reducción de Quejas de Cliente en Empresa PYMEs de Tamaulipas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 1692-1711. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12404

Jiménez, G. (2014). Mejoramiento continuo en empresas certificadas bajo sistemas de gestión de calidad ISO 9000. Recuperado de: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/47609

Jiménez, V. A., Borrero, Y. E. C., De la Cruz Lara, L. M., & Cadena, D. M. L. (2021). La importancia del diagnóstico estratégico en las organizaciones. *Económicas CUC*, *42*(2), 243-254. https://doi.org/10.17981/econcuc.42.2.2021.ensy.1

Klimecka-Tatar, Dorota. (2024). The Costs of Quality in Production Engineering: Business Development or Growth Inhibition?. System Safety: Human - Technical Facility - Environment. 6. 10.2478/czoto-2024-0028.

Labarca, N., (2007). Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial. Omnia, 13 (2), 158-184.

L. Reyes Juárez, G. Rivera González, L. C. Ángeles Tovar, L. Canós Darós, y F. Castelló-Sirvent, «Diagrama de Ishikawa y las 3 Mu como herramientas para el diagnóstico de la productividad», *Cult. Científ. y Tecnol.*, vol. 22, n.º 1, pp. 13–27, mar. 2025.

Lin, Ming-Ji & Hung, Shu-Chi & Hung, Shiu-Wan. (2014). Competitive priorities and firm performance: A mediating effect of alliance type. Int. J. of Management and Enterprise Development. 13. 147 - 163. 10.1504/IJMED.2014.062554.

Luca, Liliana. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 161. 012099. 10.1088/1757-899X/161/1/012099.

Metalcort - Cortes de lámina y soluciones metalmecánicas. (s. f.). Metalcort. https://www.metalcort.com/

Monge, E. C. (2010). Las estrategias competitivas y su importancia en la buena gestión de las empresas. *Revista de Ciencias Económicas*. https://doi.org/10.15517/rce.v28i1.7073

Pérez, M., Noriega, L., Hernandez, L., Olivo, J., & De la Hoz, E. (2021, 1 diciembre). *Gestión de la calidad y su relación con la competitividad en el sector manufacturero: una revisión de la literatura en el periodo 2010-2021*. Investigación y Desarrollo En TIC. https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identic/article/view/5898

Puello Díaz, A. (2025, noviembre 24). *Mejoramiento del Sistema de Gestión de Calidad mediante la actualización y creación de manuales, reglamentos, procedimientos, formatos y registros en EEDAS S.A. E.S.P., empresa mixta en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Universidad Industrial de Santander. https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/46735

Prioridades competitivas en la producción: configuración en las industrias del Ecuador. (2024). *Sinergia Académica*, *7*(4), 621-633. https://doi.org/10.51736/8qt7yd90

Ríos Jorge, L. (2020). Estandarización plan de control de calidad en la producción de esquineros, refuerzos y extensiones en Corrugados del Darién S.A.S. Universidad de Antioquia. Disponible en: https://hdl.handle.net/10495/16203

Rojas Crisóstomo, J. (2023). Implementación de la ISO 9001:2015 en el proceso de mecanizado: caso empresa metalmecánica. Universidad San Ignacio de Loyola.

Rojas, L. M. B., Muñoz, A. V., Vera, P. M. R., & Arana, A. A. T. (2019). Perspectiva teórica del diagnóstico organizacional. *Revista Venezolana de Gerencia*. https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30182

Schuitemaker, R. y Xu, X. (2020). Product traceability in manufacturing: A technical review. *Procedia CIRP* , *93* , 700–705. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.078

Sistemas de gestión de la calidad: Introducción. (2024). ISO. https://www.iso.org/es/gestion-calidad/que-es-sgc

Sokovic, Mirko & Pavletic, Dusko & Pipan, Karmen. (2010). Quality improvement methodologies - PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 43.

Spinoso Acosta, P. ., González Macías, C. J., Lozoya Muñoz, L. A. ., & Frayre Morales, C. O. . (2025). Implementación de un sistema de calidad para mejorar el desempeño en una PyME familiar de metalmecánica en Ciudad Juárez. Un caso de estudio. *REVISTA DOXA DIGITAL*, *14*(27). https://doi.org/10.52191/rdojs.2025.367

Urbina Garzón, A. (2023). Estudio de la calidad del producto terminado en el proceso de mecanizado en torno del acero en la industria pyme de Cali: factor rugosidad [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/54052