



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE
MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL CICLO DMAIC EN UNA
EMPRESA DE SERVICIOS ELECTROMECAÓNICOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial

**AUTORES: EDUARDO BLADIMIR JÁCOME COBOS
LUIS ANDRÉS MARTINEZ NAJERA**

TUTORA: DANIELA VERÓNICA GARCÍA TUMIPAMBA

Quito – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Andrés Martínez Nájera con documento de identificación N° 1751329663 y Eduardo Bladimir Jácome Cobos con documento de identificación N° 1755683826; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de julio de 2024

Atentamente,



(firma)

Eduardo Bladimir Jácome Cobos

1755683826



(firma)

Luis Andrés Martínez Nájera

1751329663

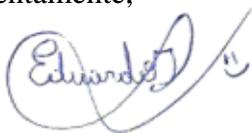
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Luis Andrés Martínez Nájera con documento de identificación N° 1751329663 y Eduardo Bladimir Jácome Cobos con numero de identificación N° 1755683826, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos mediante el ciclo DMAIC en una empresa de servicios electromecánicos", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros industriales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de julio de 2024

Atentamente,



Eduardo Bladimir Jácome Cobos
1755683826



Luis Andrés Martínez Nájera
1751329663

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniela Verónica García Tumipamba con documento de identificación N° 1722418124, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS MEDIANTE EL CICLO DMAIC EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS ELECTROMECAÑICOS , realizado por Luis Andrés Martínez Nájera con documento de identificación N° 1751329663 y Eduardo Bladimir Jácome Cobos con numero de identificación N° 1755683826, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de julio de 2024

Atentamente,



Daniela Verónica García Tumipamba
1722418124

Dedicatoria

Eduardo Jácome

Este trabajo de titulación está dedicado a aquellas personas que hicieron posible este logro. En primer lugar, a mis padres y mi hermano, cuyo amor y apoyo incondicional me han guiado en cada etapa de mi vida. A mis queridas mascotas, cuya compañía constante me brindó consuelo y alegría en los momentos más desafiantes.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi mejor amigo y compañero de tesis. Su compromiso y esfuerzo compartido fueron vitales para superar los obstáculos y culminar este proyecto con éxito. A mi novia, cuyo aliento constante y comprensión me dieron la fortaleza necesaria para seguir adelante. Su presencia y apoyo emocional fueron esenciales para alcanzar esta meta.

Finalmente, a mi mejora amiga y amigos cercanos, que con su apoyo y comprensión hicieron que este viaje académico fuera más llevadero y enriquecedor.

Luis Martínez

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y sacrificio a lo largo de estos años. A mi familia, por ser mi fuente de inspiración y fortaleza en cada etapa de mi vida.

A mi compañero de tesis y amigos, quienes con su compañía, alegría y palabras de aliento hicieron más llevadero este camino. Agradezco su comprensión y motivación en los momentos más difíciles.

A mi pareja, por su amor, comprensión y apoyo constante. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este recorrido.

Y finalmente a mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y sabiduría, y por guiarme con dedicación y paciencia.

Este proyecto va a la memoria de Stalin Andrés Zambrano Álvarez que en paz descansa.

Tabla de contenido

Introducción.....	12
Problema	14
Justificación	16
Objetivos	18
Metodología.....	19
CAPITULO I.....	21
1. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL.....	21
1.1.2. <i>Reparación de motores trifásicos.....</i>	21
1.2. Aspectos teóricos fundamentales	22
1.2.1. <i>Mejora Continua</i>	22
1.2.2. <i>Lean Six Sigma</i>	23
1.2.3. <i>Fundamentos del ciclo DMAIC.....</i>	24
1.2.4. <i>Gestión por procesos.....</i>	24
1.2.5. <i>Value Stream Mapping.....</i>	25
1.2.6. <i>Medición del tiempo en procesos.....</i>	27
1.2.6.1 Tiempo efectivo.....	27
1.2.6.2 Tiempo muerto.	27
1.2.6.3 Tiempo Total.	28
1.2.6.4 Tiempo de Espera.....	28
1.2.6.5 Tiempo entre actividad.....	28
1.2.7 <i>Diagrama de procesos SIPOC</i>	29
1.2.8 <i>Diagrama BPMN.....</i>	30
CAPITULO II.....	32
2. DMAIC en el proceso de reparación de motores trifásicos	32
2.1. Fase definir.....	32

2.1.1.	<i>Definición del proceso a mejorar</i>	32
2.1.2.	<i>Alcance del proyecto</i>	32
2.1.3.	<i>Layout de la empresa</i>	35
2.1.4.	<i>Mapa de procesos</i>	37
2.1.4.1	Mapa del proceso de reparación de motores trifásicos.	39
2.2.	Fase medir	45
2.2.1.	<i>Tiempo estimado</i>	46
2.2.2.	<i>Tiempo Real</i>	47
2.2.3.	<i>Mapa Actual</i>	49
2.3.	Fase analizar	52
2.3.1.	<i>Análisis del tiempo estimado y el tiempo real</i>	52
2.3.2.	<i>Diagrama de Pareto</i>	53
2.3.3.	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	54
2.3.3.1.	Diagrama de Ishikawa en el área de rebobinaje.	56
2.3.3.2.	Diagrama de Ishikawa en el área de administración.	62
CAPÍTULO IV		67
3.	Propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos.	67
3.3.	Fase mejorar	67
3.3.1.1.	Matriz de competencias.....	67
3.3.1.2.	Matriz de evaluación de clima laboral.	70
3.3.3.	<i>VSM Futuro</i>	79
3.4.	Fase controlar	90
3.4.1.	<i>Diagrama de control</i>	90
Conclusiones		95
Recomendaciones		97
Referencias		98

Anexos.....	101
-------------	-----

Lista de tablas

Tabla 1. Fotografías de los procesos	43
Tabla 2. Promedio del tiempo estimado por proceso	46
Tabla 3. Promedio del tiempo real por proceso.....	48
Tabla 4. Priorización del área de rebobinaje	61
Tabla 5. Priorización del área de administración	64
Tabla 6. Herramientas de mejora	65
Tabla 7. Explicación de los cambios en el layout organizacional.....	75
Tabla 8. Promedio del tiempo estimado por proceso	98
Tabla 9. Promedio del tiempo real por proceso.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de figuras

Figura 1. Componentes principales de un motor trifásico [6].	21
Figura 2. Mapa de diagnóstico de VSM [19].	26
Figura 3. Diagrama SIPOC[28].	29
Figura 4. Diagrama BPMN [31].	31
Figura 5. Porcentaje de solicitudes de trabajo.	32
Figura 6. Matriz de alcance del proyecto VSM.	33
Figura 7. Layout de la empresa.	36
Figura 8. Mapa de macroprocesos de la empresa de servicios electromecánicos.	37
Figura 9. Flujograma del proceso de reparación de motores trifásicos.	40
Figura 10. Cuadro SIPOC.	45
Figura 11 (a). Descripción de la parte superior del mapa actual VSM. Véase Figura 11 (b) para la parte inferior.	50
Figura 12. Indicadores mapa actual VSM.	52
Figura 13. Tiempos de proceso y FTQ (estimado y real).	53
Figura 14. Paretto tiempo de espera.	54
Figura 15. Diagrama de Ishikawa de las 6M del área de rebobinaje.	56
Figura 16. Ishikawa del área de administración.	62
Figura 17. Ejemplo de una matriz de competencias para el área de rebobinado.	69
Figura 18. Ejemplo de una matriz de competencias para el área de administración	69
Figura 19. Ejemplo de una matriz de evaluación del clima laboral.	71
Figura 20. Layout organizacional mejorado.	78
Figura 21. Descripción de la parte superior del VSM futuro Véase Figura 21 (b) para la parte inferior.	81
Figura 22. Ejemplo de una matriz RACI para la distribución de actividades en el área de administración.	84
Figura 23. Ejemplo de una matriz RACI para la distribución de actividades en el área de rebobinaje.	87
Figura 24. Diagrama de control propuesto.	90
Figura 25. Matriz de contramedidas.	91

Figura 26.Ejemplo de una matriz de contramedidas.....93

Resumen

El presente proyecto se desarrolló en una empresa de servicios electromecánicos que específicamente ofrece servicios la reparación y mantenimiento de motores trifásicos, monofásicos y transformadores de energía, siendo la reparación de motores trifásicos es una de las principales fuentes de trabajo de la empresa, ya que representa el 80% de las solicitudes de trabajo.

El objetivo del presente trabajo fue para elaborar una propuesta de mejora y realizar un análisis exhaustivo del proceso reparación de motores trifásicos utilizando el ciclo DMAIC. Para ello, se emplearon diversas herramientas de diagnóstico y se crearon propuestas de implementación y mejora.

Los resultados obtenidos del proyecto se enfocaron en la reducción del tiempo de espera y el aumento del FTQ que después del análisis de los tiempos de cada zona de trabajo se identificaron que en las áreas de administración y rebobinado eran las que presentaban mayores tiempos de espera. Después de la medición y análisis realizados en las fases de medir y analizar del ciclo de DMAIC, se observó que el tiempo estimado aumentó un 0.83% respecto al previsto y el FTQ disminuyó un 20%. Este desfase se debía a varias causas que fueron identificadas después de realizar un análisis de Pareto y posteriormente priorizadas con un diagrama de Ishikawa algunas de estas fueron; la falta de capacitación, la falta de comunicación del equipo, la mala ubicación de las herramientas de trabajo, la mala distribución de la planta, la falta de indicadores de tiempo y calidad, la mala designación de actividades y la insatisfacción laboral. En la fase de mejorar, se planteó la reducción del tiempo de espera en un 50% y el aumento del FTQ en un 10%. Para lograr este objetivo se plantearon varias herramientas de mejora como la matriz de competencias, matriz de evaluación de clima laboral, layout mejorado, VSM futuro y matriz RACI esto permitirá a la empresa tener un control de indicadores y de actividades para evitar retrasos en los pedidos y aumentar la satisfacción del cliente externo.

Palabras clave: DMAIC, tiempos, mejora continua, motores trifásicos

Introducción

Antecedentes

A nivel mundial las empresas electromecánicas, enfrentan una serie de desafíos que impactan directamente su capacidad de crecimiento y sostenibilidad. Desde la limitación de recursos financieros, hasta la falta de infraestructura tecnológica donde aproximadamente el 56% de estas empresas a nivel mundial, no cuentan con sistemas tecnológicos modernos para optimizar sus procesos operativos y de producción. Estos obstáculos representan barreras significativas para alcanzar la excelencia operativa y ofrecer un servicio de calidad [1].

La empresa centrada en la investigación ha visto la necesidad de realizar sus actividades principales mediante la gestión por procesos en la reparación de motores trifásicos, ya que es la principal fuente de trabajo que realiza la empresa. El gerente ha reconocido la deficiencia que tienen actualmente los procedimientos por la falta de indicadores en cuanto a calidad y tiempo, lo que se refleja en un escaso control del servicio brindado.

Entre las técnicas del proceso de mejora continua varias empresas han utilizado el ciclo DMAIC para optimizar procesos y abordar problemas. Este ciclo está conformado por cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En la primera etapa definir, se determinan las metas del proyecto y se delimita su alcance. Luego, en medir, se obtienen datos relevantes para comprender el problema. La fase de analizar busca identificar las causas raíz, mientras que en mejorar se crean aplican soluciones. Finalmente, en controlar, se monitorean los resultados para asegurar la efectividad a largo plazo[2].

Por lo tanto, el ciclo DMAIC se presenta como una oportunidad para abordar los desafíos de manera integral. Este enfoque proporciona un marco estructurado para identificar áreas de mejora mediante herramientas de diagnóstico, medición y control para analizar datos relevantes y aplicar soluciones efectivas que permitan mejora en los procesos[3].

El presente proyecto se ha enfocado en resolver los desafíos identificados en la reparación de motores trifásicos, desde la recepción de la solicitud de reparación hasta la entrega del motor. Las etapas que se desarrollarán en el proyecto profundizarán en la metodología para optimizar el proceso ofreciendo un servicio de calidad que satisfaga las demandas del mercado a largo plazo.

Por ende, con todo lo antes mencionado se estableció la propuesta de mejora en este proceso aplicando el ciclo DMAIC.

Problema

En la industria electromecánica, se enfrentan desafíos críticos como la sostenibilidad, impacto medioambiental debido al consumo de energía, la generación de residuos, el rápido avance tecnológico que exige actualización continua, el cumplimiento de regulaciones internacionales variadas, la calidad del servicio, gestionar la demanda de manera efectiva, capacitar al personal adecuadamente, los riesgos en seguridad laboral al trabajar con componentes, y la necesidad de adaptarse rápidamente a las cambiantes demandas del mercado, representan un amplio aspecto de problemas que requieren soluciones.

En América Latina, las empresas electromecánicas se enfrentan a una serie de desafíos, que incluyen la falta de medios económicos para la adquisición de tecnología y capacitación de trabajadores, la falta de infraestructura tecnológica adecuada, el grado de complejidad de las normativas, las regulaciones locales que dificultan la estandarización de procesos, y la falta de programas de capacitación especializados en electromecánica que afectan la formación de trabajadores calificados.

Dado el análisis de la demanda de servicios de la empresa, se ha observado que el 80% de las solicitudes corresponden a motores trifásicos dañados o quemados. Este predominio en la demanda hace que la especialización en la reparación de estos equipos sea relevante para la empresa.

La empresa de reparación de motores trifásicos en estudio reconoció la necesidad de normar sus procedimientos para potenciar tanto la eficacia operativa como la excelencia en el servicio. Pero se enfrentan a diferentes problemáticas como son: la ausencia de diagramas de flujo del proceso, la carencia de manuales de puesto de trabajo (lo que ocasiona un impacto negativo en el desempeño de los trabajadores), el escaso conocimiento sobre la utilidad de tener un plan de del área operativa, la incorrecta distribución de los espacios de trabajo en las áreas principales como son: el rebobinado, la mecánica de motores y mecánica industrial, y la insuficiente

señalética en las mismas (que ha ocasionado accidentes y subutilización del recurso tiempo), y por último, la falta de estandarización de tiempos en cada proceso. Así que, al solucionar los problemas, se facilitará un análisis detallado y sistemático de los tiempos en el proceso de reparación de motores trifásicos, y se establecerá una base sólida para optimizar su operación y evaluar su viabilidad, permitiendo así identificar oportunidades de mejora.

Justificación

Las empresas electromecánicas muestran una serie de desafíos que obstaculizan su crecimiento y sostenibilidad, como la falta de medios económicos, escasez de infraestructura tecnológica, falta de estandarización y de programas de capacitación especializados. Estos problemas impactan directamente al servicio brindado.

La empresa seleccionada para la investigación ha identificado la necesidad de formalizar sus procesos. Esta medida no solo va a facilitar un análisis general y sistemático de los tiempos en el proceso de reparación, si no que su objetivo es establecer una base sólida para optimizar su operación, evaluar su viabilidad a largo plazo, y evitar posibles accidentes laborales en sus trabajadores.

A pesar de la demanda de estos servicios de reparación, la empresa enfrenta inconvenientes en gestionar sus procesos, como una mala distribución de responsabilidades y la asignación ineficiente de recursos. Sin embargo, el ciclo DMAIC se presenta como una oportunidad para solucionar estos desafíos.

Tomando de referencia la investigación de [4], realizada en una empresa mexicana enfocada al sector de telecomunicaciones en el área de recursos humanos, donde después de analizar el proceso de reclutamiento, la metodología DMAIC proporcionó una optimización en el tiempo de contratación del personal, reduciéndolo en un 40%.

Otro caso donde se aplicó esta metodología fue en la investigación [5], que fue realizada en una empresa colombiana que se especializa en la ingeniería metalmecánica, donde el proceso de ventas estaba desactualizado, por lo que se optó por aplicar el ciclo de DMAIC realizando un análisis cuantitativo y cualitativo del proceso, que aumentó el nivel de ventas en un 35 %.

Por lo tanto, este proyecto se enfocó en resolver los desafíos identificados en el proceso de reparación de motores trifásicos, y encontrar oportunidades de mejora con el análisis de actividades, desde la recepción del pedido hasta la reparación funcional del mismo para garantizar una mejora continua, con el objetivo de optimizar operación.

Objetivos

Objetivo general

- Realizar una propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos mediante el ciclo DMAIC en una empresa de servicios electromecánicos.

Objetivos específicos

- Evaluar el proceso de reparación de motores trifásicos para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora, utilizando herramientas de diagnóstico.
- Desarrollar el procedimiento de estandarización de procesos basados en el ciclo DMAIC para determinar los tiempos de reparación de motores trifásicos
- Establecer una propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos en función del análisis de datos para mejorar la eficiencia de la empresa.

Metodología

Tipo de investigación

La clasificación para investigaciones puede ser variada dependiendo de la necesidad del proyecto a realizar. Para esta investigación, la aplicación de ciclo DMAIC contempla un estudio descriptivo y exploratorio por lo que aporta una aclaración de términos, técnicas y herramientas de análisis detalladas en relación con el avance de este.

Método

Este trabajo de titulación se llevó a cabo en el lugar de ejecución donde ocurren los procesos analizados, empleando diversas herramientas de diagnóstico y levantamiento de información directamente en el lugar de trabajo mediante entrevistas a los operadores expertos. Por lo tanto, la naturaleza de este estudio se clasifica como investigación de campo.

Técnica de recolección de datos

En el trabajo se usaron varias técnicas que se emplearon para aplicación del ciclo DMAIC en el área de reparación de motores trifásicos, entre ellas: la técnica de la entrevista permitió formular preguntas, se entrevistó al gerente de la empresa de servicios electromecánicos y a los usuarios expertos en cada área de trabajo, identificando las áreas que requieren mejoras, según la gerencia. Las preguntas realizadas fueron de carácter abierto las cuales proporcionaron respuestas detalladas en forma de narrativa, buscando evitar cualquier influencia en los participantes y captar información precisa.

Otra técnica de investigación que se utilizó es la visualización, donde se tomaron registros en el lugar de trabajo.

De igual forma, se aplicó una serie de herramientas de diagnóstico como el VSM (Value Stream Mapping) que aportó al proyecto un método cuantitativo objeto de extracción de datos esenciales para su respectivo análisis. Esta investigación determinó los tiempos de proceso,

tomados en cada estación de trabajo mediante el cronometraje para analizarse según el ciclo DMAIC.

Es así que, con las técnicas de recolección de datos y herramientas de diagnóstico se estableció esta propuesta aplicando el ciclo DMAIC.

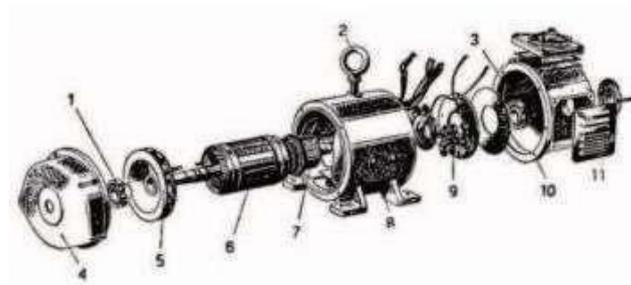
CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Conceptos básicos sobre motores trifásicos

Los motores trifásicos son mecanismos electromecánicos que se utilizan para la conversión de energía eléctrica en energía mecánica. Dichos motores funcionan con un suministro de energía trifásico, que consiste en tres corrientes eléctricas alternas desfasadas entre sí por un tercio de un ciclo de 360 grados. Los motores trifásicos constan de los siguientes componentes: estator (con bobinas de alambre cubiertas por un núcleo) y un rotor, (de tipo jaula de ardilla o de bobina), como puede visualizar en la Figura 1 [6].



1 Cojinetes	7 colector
2 anillo de levantamiento	8 estator
3 Cojinetes	9 escobilla y puerta escobilla
4 brida soporte eje	10 brida soporte colector
5 turbina de ventilación	11 tapa
6 Inducido	

Figura 1.Componentes principales de un motor trifásico [6].

1.1.2. Reparación de motores trifásicos

La reparación de motores trifásicos es fundamental para mantener un estado óptimo de estos dispositivos y prolongar su vida útil. Esta actividad implica diagnosticar y corregir cualquier problema o avería que pueda surgir en el motor, como fallos en los devanados, problemas de aislamiento, desgaste de los rodamientos o desequilibrios en el rotor, es crucial monitorear, diagnosticar y gestionar su

operación para evitar futuras fallas [7].

El proceso de reparación de motores trifásicos generalmente incluye las siguientes etapas:

- a) Diagnóstico: Identificación y análisis de los problemas o fallos del motor mediante pruebas eléctricas, mecánicas y visuales.
- b) Desmontaje: Desarme del motor para acceder a las partes internas y componentes que requieren reparación o reemplazo.
- c) Reparación: Corrección de los problemas detectados, que puede incluir rebobinado de los devanados, reemplazo de piezas defectuosas o reparación de componentes defectuosos.
- d) Ensamblaje: Volver a armar el motor una vez que se hayan realizado todas las reparaciones necesarias.
- e) Pruebas y puesta en marcha: Realización de pruebas de funcionamiento para verificar que el motor reparado opere correctamente y cumplir con los estándares de rendimiento[8].

1.2. Aspectos teóricos fundamentales

1.2.1. Mejora Continua

La mejora continua se conoce como un conjunto de actividades constantes de optimización de operaciones, para mantener la calidad, donde las empresas deben ser capaces de adaptarse a esta práctica. Como por ejemplo, según la investigación de [9], realizada en una planta de México dedicada al almacenamiento de gas GLP en el área de inventarios, donde después de analizar los procedimientos se utilizó la metodología PDCA (plan, do, check, act), complementándose también con un análisis de diferentes herramientas empleadas habitualmente en la mejora continua. Obteniendo como resultados una optimización en las áreas donde se almacena gas, la cual elevó su valor de 2.64% en 2016, a un 3.09% en 2017 y a un 4.04% en 2018. Finalmente se concluyó que, con la aplicación del ciclo de Deming en el contexto de mejora continua, ayudó a potenciar su rendimiento, por lo que se recomienda que sea aplicada en otras empresas, plantas, bodegas y negocios del sector.

También en la investigación de [10], la cual está orientada al área de servicios en una empresa publicitaria, busca la optimización mediante la mejora continua. Su propósito es evaluar cómo el liderazgo y la planificación estratégica influyen en la mejora continua dentro de la empresa. En la investigación se utilizaron técnicas estadísticas y métodos de recopilación de datos, incluido un cuestionario destinado a evaluar como las variables influyen en la mejora continua. Los resultados obtenidos revelaron que un liderazgo competente y una planificación estratégica adecuada son esenciales para la mejora continua, lo cual se evidenció con un incremento del 25% en la satisfacción del cliente.

Por todo lo antes mencionado, es evidente que la mejora continua es esencial en la gestión estratégica de las empresas dedicadas a servicios, como las enfocadas en el mantenimiento y reparación. Ya que, para solucionar las diferentes problemáticas, se sugiere un enfoque de gestión el cual se basa en procesos y mejora continua que promueva transparencia para optimizar los procesos de gestión ejecutados en el departamento industrial de las empresas, así se podrán controlar y ordenar de mejor forma sus trabajos diarios, información que se entregará a directivos y personal de la empresa. Por lo tanto, los miembros del equipo deberían comprometerse con el proceso de mejora continua, siguiendo los lineamientos establecidos en el modelo de gestión actual [11].

1.2.2. Lean Six Sigma

Es un método enfocado en la optimización de procesos. Combinando las estrategias de Lean Manufacturing y los enfoques Lean Six Sigma se han desarrollado y mejorado procesos dentro del ámbito de fabricación para mejorar la calidad y reducir el desperdicio [12]. Los cuales se centran eliminar residuos e incrementar el valor para el cliente, basándose en reducir la variabilidad y defectos en las actividades.

Así que, se busca incrementar la calidad según esta sinergia de los productos y servicios, reduciendo tiempos y costos de producción, aplicando proyectos medidos, analizados, mejorados y controlados. Algunas características importantes de esta metodología son:

- a) Enfoque en el cliente: Busca maximizar el valor ofrecido al cliente, identificando y eliminando procesos que no añaden valor.
- b) Eliminar residuos: Elimina actividades irrelevantes a la hora de prestar un servicio o elaborar un producto.
- c) Reducción de variabilidad: Aplica herramientas estadísticas para minimizar la inestabilidad en los procesos.
- d) Mejora continua: Promueve una cultura de mejoras constantes, pequeñas y sostenibles en los procesos.
- e) Uso de datos y herramientas estadísticas: Emplea un análisis de datos para las decisiones que se fundamentan en hechos concretos y no en suposiciones [12].

1.2.3. Fundamentos del ciclo DMAIC

El ciclo DMAIC es una metodología utilizada en el contexto de Lean Six Sigma para la mejora continua de procesos. DMAIC es un acrónimo de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, que son las fases que conforman este ciclo [13].

- a) Definir: Establecer el problema a resolver, los objetivos del proyecto.
- b) Medir: Recopilar los datos relevantes sobre el proceso actual utilizando herramientas de medición y establecer KPIS [14].
- c) Analizar: Examinar los datos recolectados para determinar las causas de los problemas.
- d) Mejorar: Desarrollar soluciones para tratar las causas raíz identificadas y optimizar el proceso.
- e) Controlar: Implementar controles para supervisar de forma constante el proceso y garantizar que las mejoras se mantengan de manera duradera.

1.2.4. Gestión por procesos

Esta gestión en toda operación empresarial eficaz, se puede definir como secuencias estructuradas de actividades o tareas que transforman entradas (recurso que se utiliza para iniciar un proceso) en salidas (producto o resultado final de un proceso). Estos procesos son fundamentales para una optimización de la calidad y la eficiencia a la hora de cumplir los objetivos organizacionales.

Por esta razón entendemos que los procesos conllevan pasos organizados, que se realizan de forma alternativa o simultánea, estos pasos se relacionan entre sí y su propósito es lograr un resultado preciso [15].

El paso final en el desarrollo de nuevos productos es la selección del proceso de producción. El diseño del proceso determina cómo se llevarán a cabo las actividades necesarias para la función de producción. Para satisfacer las demandas del mercado, se pueden emplear diversas funciones de producción. Hay cinco tipos genéricos principales de funciones de producción los cuales son de proyectos, artesanal, lotes, masa, continua y flexible[16].

1.2.5. Value Stream Mapping

El VSM se conoce como una herramienta Lean estándar para identificar, reducir desperdicio, crear valor y mejorar el desempeño de cualquier industria. El valor del VSM ha cambiado con el tiempo, por lo tanto, los investigadores y profesionales de este sector están prestando más atención a esta herramienta. Se necesita una revisión exhaustiva para comprender el desarrollo inteligente y sostenible basado en VSM desde una perspectiva sistemática, para una visualización sencilla de los procedimientos de la empresa [17] [18].

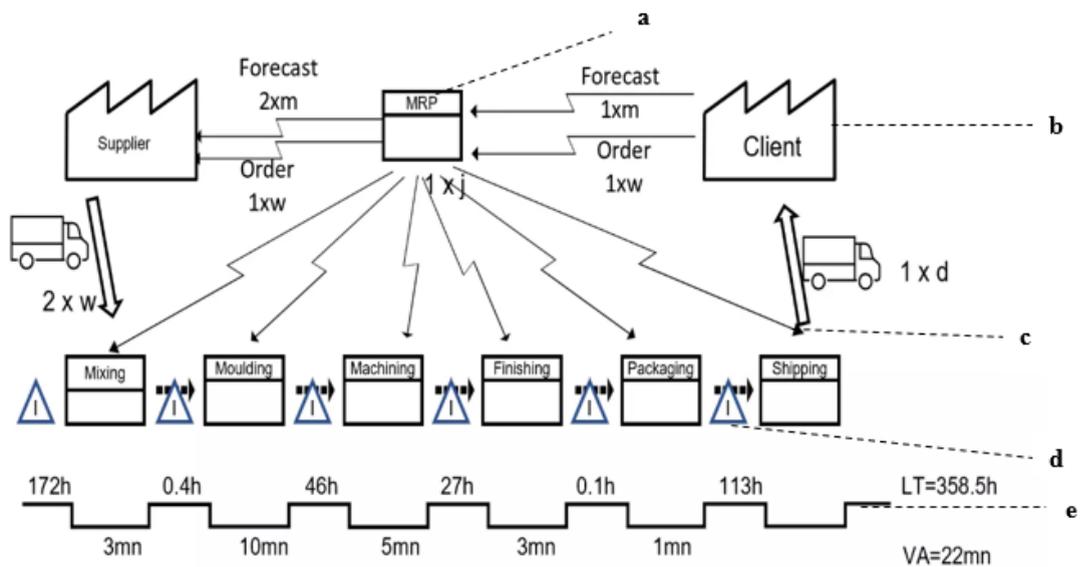


Figura 2. Mapa de diagnóstico de VSM [19].

En la Figura 2 se muestra el mapa de diagnóstico del VSM que tiene los siguientes componentes:

- Cuadro de actividad: Donde se describirá el tipo de trabajo que se realiza en el procedimiento.
- Notación VSM: Es la notación utilizada para mapear el rol del cliente, supplier o tipo de transporte involucrado en el flujo de trabajo.
- Conector: Proporciona la dirección de cada actividad en el mapa y su interacción con las demás.
- Señal de alerta: Notación que indica el tipo de desperdicio que afecta a la actividad del proceso.
- Línea de tiempo: Se utiliza para indicar el tiempo de espera entre actividad y el tiempo total en el proceso.

1.2.6. Medición del tiempo en procesos

La medición del tiempo en procesos es un aspecto crítico para entender y mejorar su eficiencia en una organización. Las acciones deben garantizar que los mantenimientos sean adecuados y que se llevan a cabo por técnicos designados, en un tiempo acordado, manteniendo los lineamientos establecidos y usando las herramientas correctas [20].

Es así como, se debe registrar y analizar el tiempo que se emplea en cada etapa de un proceso, desde su inicio hasta su finalización. Además, de cumplir con el plazo de entrega, calidad y puntualidad de los despachos, que nos ayudan a conocer el desempeño de las empresas [21]. Esta medición otorga una visión sencilla de cómo se utilizan los recursos y dónde se pueden identificar los cuellos de botella o ineficiencias [22].

Existen varias formas para realizar una medición de tiempos, como, por ejemplo:

1.2.6.1 Tiempo efectivo.

El tiempo necesario para desarrollar un proceso crítico y agregar valor a este se debe reducir al mínimo, implicando la necesidad de optimizar este período [23].

1.2.6.2 Tiempo muerto.

Tiempos que no son desarrollados en actividades que agreguen valor un proceso. Estos tiempos se deben ser reducidos o eliminados [24].

El análisis de tiempos muestra la importancia de las variables de tiempo de un proceso, para calcular el tiempo total mediante los datos que nos proporciona el tiempo de espera y de proceso. La importancia del muestreo probabilístico es relevante, en los cálculos de las veces que se observa un proceso [25]. Por ende, la logística en tiempos permite, organizar procesos y acopiar información, en el desarrollo de actividades estratégicas, servicio al cliente, etc.

1.2.6.3 Tiempo Total.

El tiempo total se refiere al periodo completo desde el inicio hasta la finalización de una operación, incluyendo todas las actividades intermedias. Este tiempo se desglosa en varias partes:

- a) Tiempo de procesamiento: que es el periodo dedicado a las actividades que dan valor al servicio o producto.
- b) Tiempo de espera: que incluye cualquier demora entre etapas debido a cuellos de botella o programación ineficiente.
- c) Tiempo de transporte: que abarca el movimiento de materiales o información entre localizaciones.
- d) Tiempo de inspección: que es el periodo utilizado para verificar la calidad y conformidad del producto o servicio.

La gestión efectiva del tiempo total implica identificar y reducir los tiempos no productivos, optimizando así la eficiencia y el rendimiento global del proceso [23].

1.2.6.4 Tiempo de Espera.

Este tiempo es definido como los intervalos que existen en el trabajo, los cuales no agregan valor al proceso, pero son esenciales para su desarrollo, ya que no pueden ser eliminadas, pero si tienen que ser reducidas y controladas [13].

1.2.6.5 Tiempo entre actividad.

El tiempo entre actividades se refiere al tiempo de espera o intervalo que ocurre entre la culminación de una actividad y el comienzo de la siguiente dentro de un proceso. Este tiempo puede ser causado por varios factores, como la disponibilidad de recursos, la espera por información o materiales o la programación de actividades. Identificar y medir el tiempo entre actividades es importante para

comprender la fluidez y eficiencia de un proceso [26].

1.2.7 Diagrama de procesos SIPOC

El diagrama utiliza para mapear un proceso empresarial mediante la documentación de entradas, procesos, salidas, clientes y proveedores. Se centra en proporcionar información esencial sobre un proceso a los responsables de tomar las decisiones [27]. Para utilizar esta herramienta, se realizan caracterizaciones de los procesos de producción, lo que facilita la identificación de subprocesos que suelen estar vinculados con el consumo y la optimización de los recursos.

Como por ejemplo en la Figura 3 se observa un diagrama SIPOC con todos los componentes de un proceso.

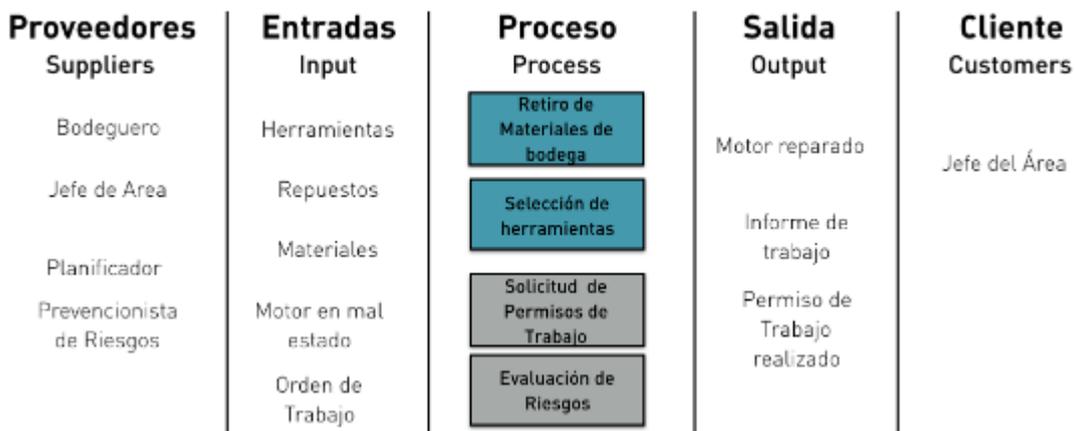


Figura 3. Diagrama SIPOC [28].

Es así también en la investigación [29], realizada en Costa Rica en una empresa dedicada a empaquetar plátano, se realizó un estudio de las actividades mediante SIPOC, lo que mostró nueve subprocesos que se relacionan con el correcto empleo del recurso hídrico para mantener la cantidad, calidad y continuidad de la industria bananera. Empleando los datos de 49 días de realización de actividades, se crean dos simulaciones de los eventos de la empresa, cuyos resultados muestran una validación del 95% de confianza en el

aprovechamiento eficiente y sostenible en el actual consumo de agua en la planta. El agua es un elemento importante en el empaque del plátano, lo cual genera un problema por las limitaciones del hídrico en dicha zona. Por tanto, en la aplicación de los modelos modificados en las actividades, se espera exista una reducción en el indicador de 19% para los días entre semana y un 10% para los sábados.

1.2.8 Diagrama BPMN

El diagrama BPMN (modelo y notación de procesos de negocios) nos otorga un grupo de símbolos estandarizados que ayudan a plasmar de forma clara y sencilla los diferentes aspectos de un proceso de negocio. Estos símbolos incluyen elementos para representar actividades, eventos, flujos de secuencia, decisiones, particiones y colaboraciones entre procesos. Es esencial para documentar, analizar y mejorar procesos empresariales, facilitando la comunicación entre los equipos de trabajo y asegurando una comprensión común de los procesos dentro de una organización.

Por esa razón, este diagrama es el estándar para representar de forma gráfica las actividades ocurridas generalmente en todas las organizaciones de cualquier índole, desde recetas de cocina, hasta reservación de viajes [30].

A continuación, en la Figura 4 se observa un ejemplo de un diagrama BPMN en el que, a diferencia del SIPOC, tendrá mayor detalle al mapear cada actividad.

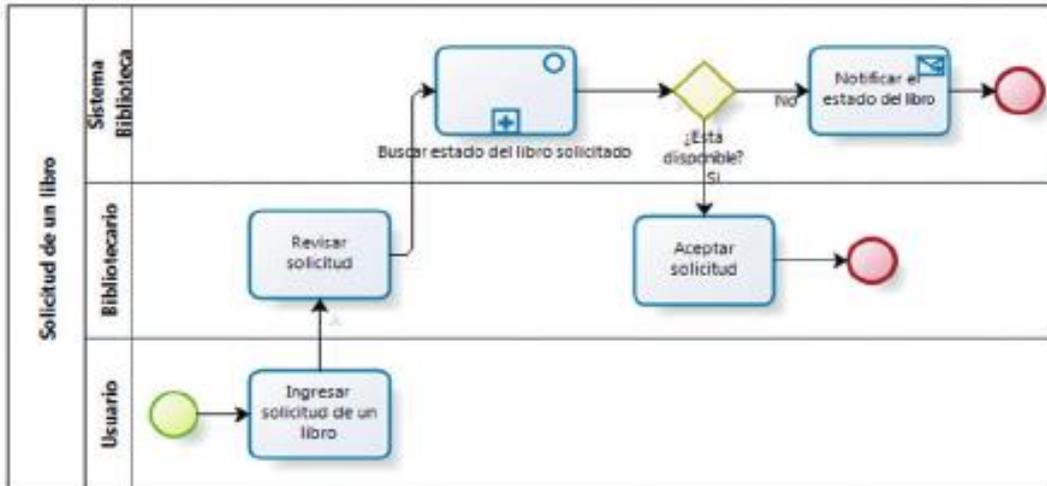


Figura 4. Diagrama BPMN [31].

CAPITULO II

2. DMAIC en el proceso de reparación de motores trifásicos

2.1. Fase definir

En esta fase, se determina la urgencia de aplicar una mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos y la razón de seleccionar este proceso. También se define el alcance del proyecto utilizando la herramienta VSM. Se empleó diagramas BPMN, SIPOC, layout de la empresa y un mapa de procesos para esquematizar su desarrollo. Esta fase del ciclo DMAIC permite al facilitador del proyecto definir el problema de la empresa y las limitaciones para su mejora [5].

2.1.1. Definición del proceso a mejorar

Como se indica en la Figura 5, se realizó un análisis del servicio más frecuente en la empresa y se verificó que el proceso de reparación de motores trifásicos corresponde al 80% del trabajo, por lo que se seleccionó este proceso para mejorarlo.

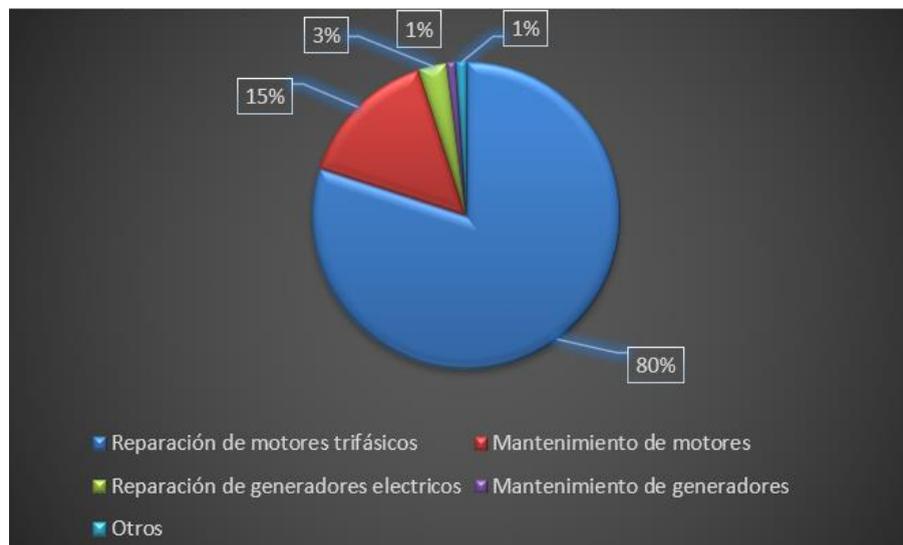


Figura 5. Porcentaje de solicitudes de trabajo.

2.1.2. Alcance del proyecto

Se realizó una evaluación de alcance utilizando la herramienta VSM. Como se muestra en la Figura 6, esta herramienta permitió definir el problema y el alcance de la mejora.

VSM			
Sesión de Definición de Alcance			
Tema	Proceso de reparación de motores trifásicos		
Fecha	13 de Mayo de 2024	Spons	Gerente General
Facilitadore	Eduardo Jácome y Luis Martínez	Dueño	Gerente General
Propósito			
Buscar una propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos.			
Expectativas / Resultados			
Evaluar la situación actual del proceso Generar indicadores en el proceso de reparación de motores Disminuir el tiempo de proceso de reparación de motores trifásicos Mejorar el FTQ a la primera vez			
Situación Actual (incluir indicadores)			
El proceso funciona por la experiencia que se tiene en la empresa, sin embargo existen varios tipos de desperdicios evidentes dentro del mismo. Se manejan tiempos de acuerdo a la entrega del pedido, no cuentan con indicadores de gestión del proceso.			
Esfuerzos anteriores:			
No se han realizado esfuerzo anteriores.			
Riesgos y Barreras potenciales			
Resistencia al cambio, especialmente en el personal antiguo que maneja el proceso. Miedo al ser despedido. Poco presupuesto para realizar un estudio de distribución de planta.			
Dentro del Alcance		Fuera del alcance	
Proceso de reparación de motores Generación de indicadores Revisión de actividades de los operarios Capacitación del personal		Proceso de mantenimiento a motores Contratación de nuevo personal	
Indicadores clave de éxito			
Tiempo ahorrado	Se espera menos de un 10%	Desperdicio eliminado	
Calidad mejorada	Se espera como mínimo un 90%	Tiempos de espera, Reprocesos	
Costo ahorrado	N/A		
Otros			
Panel de decisión			
<i>Nombre</i>	<i>Cargo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Cargo</i>
Zambrano Pablo	Gerente General		
Guevara Cristian	Rebobinador		
Estreda Miriam	Compras		
Guachamin Victor	Mantenimiento		
Participantes			
<i>Nombre</i>	<i>Area</i>	<i>Nombre</i>	<i>Area</i>
Jacome E	Investigadores		
Martinez L	Investigadores		

Figura 6. Matriz de alcance del proyecto VSM.

A continuación, se explica de manera detallada los puntos clave de la Figura 6:

- a) Sponsor: El sponsor es el anfitrión del proceso evaluado. En el proyecto, tendrá el rol de líder para impulsar al equipo y garantizar que el proceso avance.
- b) Facilitadores: Serán las personas encargadas de realizar el análisis de datos y el levantamiento de información para presentarla al dueño y al sponsor.
- c) Dueño: Corresponde al jefe de cada área de trabajo. Es el encargado de asegurar que el proceso evaluado funcione correctamente.
- d) Propósito: Se plantea el objetivo general del proyecto.
- e) Expectativas: Se detallan las actividades que se quieren mejorar dentro del proceso.
- f) Situación actual: Se proporciona una explicación breve de la situación actual de la empresa, indicando los principales indicadores relacionados con calidad, tiempo, beneficio y productividad. Si el proceso no cuenta con indicadores, se detallará igualmente.
- g) Esfuerzos anteriores: Se describen los esfuerzos anteriores realizados por la empresa para mejorar el proceso, incluyendo la herramienta utilizada.
- h) Riesgos y barreras potenciales: Según las entrevistas realizadas al dueño y al sponsor, se identifican las principales barreras que se enfrentarán en la propuesta de mejora.
- i) Dentro del alcance: Se presentan las posibles soluciones que el sponsor y el dueño pueden ofrecer para la mejora del proceso.
- j) Fuera del alcance: Se detalla lo que no podrá ser propuesto debido al presupuesto de la empresa y a las limitaciones dentro del proceso.
- k) Indicadores clave de éxito: Se establecen los objetivos de los principales indicadores, como el tiempo ahorrado, la calidad mejorada y el costo.
- l) Panel de decisión: Los supervisores de cada área de trabajo darán el visto bueno a cada una de las propuestas planteadas y facilitarán la información requerida.
- m) Participantes: Serán los investigadores encargados de buscar los medios y herramientas para una propuesta de mejora factible.

2.1.3. Layout de la empresa

El layout en una empresa es crucial porque optimiza el flujo de trabajo, reduce costos, y mejora la seguridad y la calidad del producto. Un diseño eficiente facilita la flexibilidad, incrementa la satisfacción de los empleados y permite una mejor gestión y supervisión de las operaciones. Además, maximiza el uso del espacio disponible, contribuyendo significativamente al éxito operativo de la empresa [18].

Como se puede visualizar en la Figura 7 están establecidas las zonas en donde se lleva a cabo el proceso de reparación de los motores, donde también nos permite tener una visión completa de las áreas de trabajo y la distribución de las mismas.

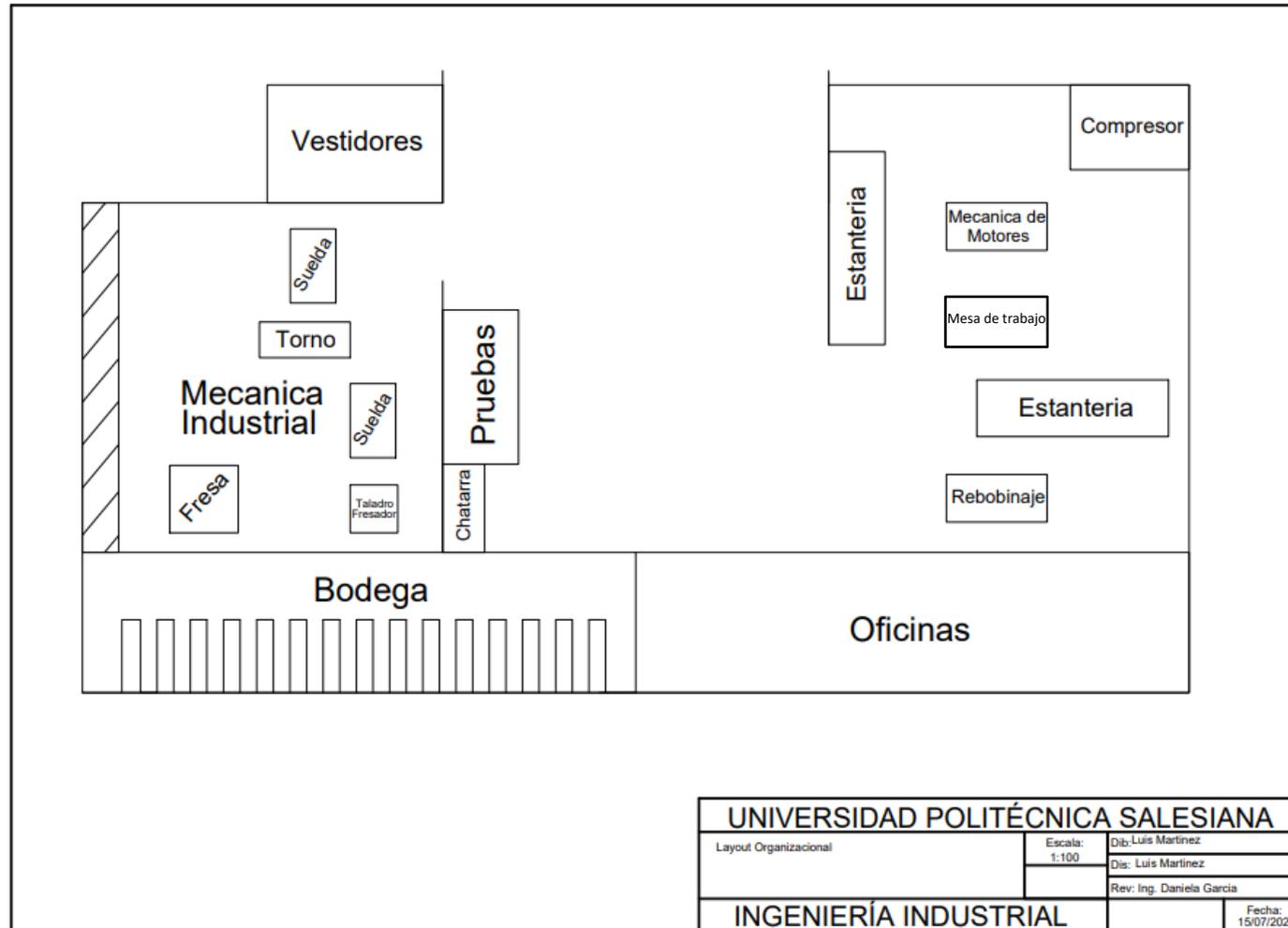


Figura 7. Layout de la empresa.

2.1.4. Mapa de procesos

Cada empresa debe tener un mapa de procesos que ayude a comprender su funcionamiento y proporcionar documentación de respaldo para futuras mejoras. En la empresa seleccionada, no se contaba con un mapa de procesos, por lo que se levantó un mapa macro de cada proceso, indicando su rol (estratégico, misional y de apoyo) como se puede apreciar en la Figura 8.

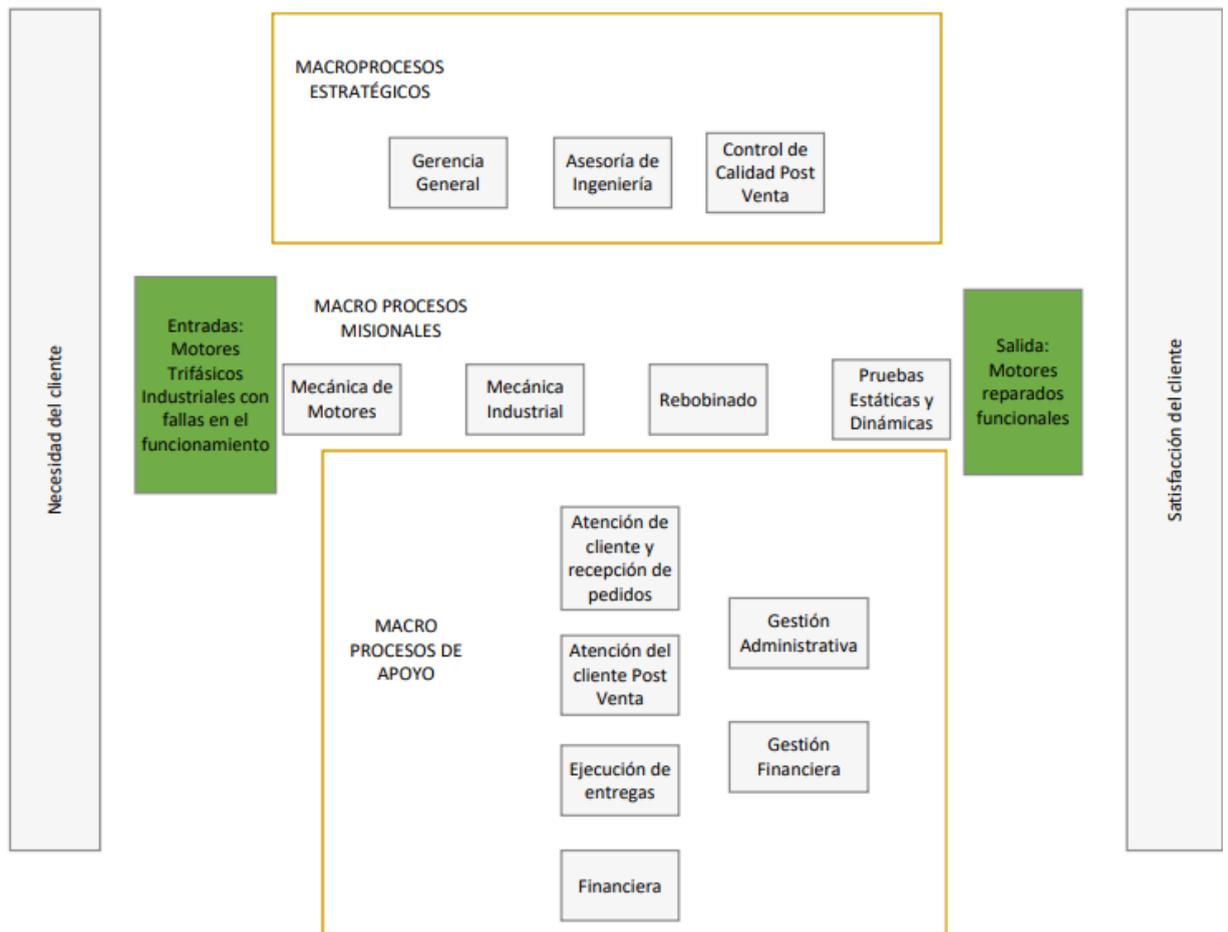


Figura 8. Mapa de macroprocesos de la empresa de servicios electromecánicos.

Los macroprocesos estratégicos que han sido seleccionados en la Figura 8 son los siguientes:

- a) **Gerencia general:** La gerencia general supervisa todas las operaciones de la empresa, establece objetivos estratégicos, y toma decisiones clave para asegurar el éxito y la cohesión organizacional.
- b) **Asesoría de ingeniería:** Proporciona apoyo técnico y estratégico para mejorar procesos, productos y sistemas, ofreciendo soluciones técnicas.
- c) **Control de calidad post venta:** Asegura que los productos y servicios vendidos mantengan alta calidad, gestionando los reclamos en base en la retroalimentación del cliente.

Se han elegido estos 3 conceptos en la sección estratégica ya que son fundamentales para la empresa, abarcando áreas clave que aseguran el funcionamiento eficiente, la innovación y la satisfacción del cliente, siendo aspectos esenciales para el éxito empresarial.

Por otro lado, se tiene a los macroprocesos misionales que son los siguientes:

- a) **Mecánica de Motores:** Se encarga del diagnóstico, mantenimiento y reparación de motores, asegurando su correcto funcionamiento mediante ajustes, reemplazo de piezas desgastadas y resolución de problemas mecánicos.
- b) **Mecánica Industrial:** Abarca la instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria industrial y equipos mecánicos, asegurando su eficiencia operativa y prolongando su vida útil mediante revisiones y ajustes técnicos.
- c) **Rebobinado:** Consiste en la reparación de bobinas de motores eléctricos, incluyendo el desmontaje, limpieza, reemplazo de conductores dañados y rebobinado de las bobinas, para restaurar o mejorar el rendimiento del motor.
- d) **Control de calidad:** Son procedimientos de evaluación realizados en motores para verificar su rendimiento y funcionalidad; las pruebas estáticas se realizan sin movimiento, y las dinámicas durante el funcionamiento para detectar fallas y asegurar calidad.

Estos puntos se eligieron como macroprocesos misionales porque representan las actividades clave y fundamentales que aseguran la operación eficiente y la calidad del servicio en el taller de servicios electromecánicos.

Finalmente tenemos los macroprocesos de apoyo, los cuales son:

- a) **Atención al cliente (pedidos y post venta):** Involucra el primer contacto con los clientes, gestionando sus consultas y solicitudes, y registrando sus pedidos de manera eficiente y precisa para iniciar el proceso de servicio. Manteniendo así la satisfacción del cliente después de la compra, gestionando reclamaciones, proporcionando soporte técnico y asegurando que el producto o servicio cumpla con las expectativas del cliente.
- b) **Gestión administrativa:** Son las planificaciones, coordinación y realización de la entrega de productos o servicios terminados a los clientes, asegurando que lleguen a tiempo y en perfectas condiciones.
- c) **Financiera:** Se encarga de la gestión de recursos económicos de la empresa, incluyendo la contabilidad, control de costos, presupuestos, y análisis financiero, para asegurar la viabilidad económica y maximizar la rentabilidad.

Se seleccionaron estos puntos como procesos misionales ya que son esenciales para la operación integral de la empresa, abarcando desde la interacción inicial con el cliente hasta la gestión financiera que asegura la sustentabilidad del negocio.

2.1.4.1 Mapa del proceso de reparación de motores trifásicos.

Para tener un enfoque claro del proceso de reparación electromecánicos se optó por el uso de un diagrama BPMN el cual permitió comprender la interacción de las diferentes áreas en la reparación de un motor como se muestra en la Figura 9 donde se indica el diferente flujo que sigue un motor desde que ingresa la orden de trabajo hasta las pruebas funcionales del mismo una vez ya ha sido reparado.

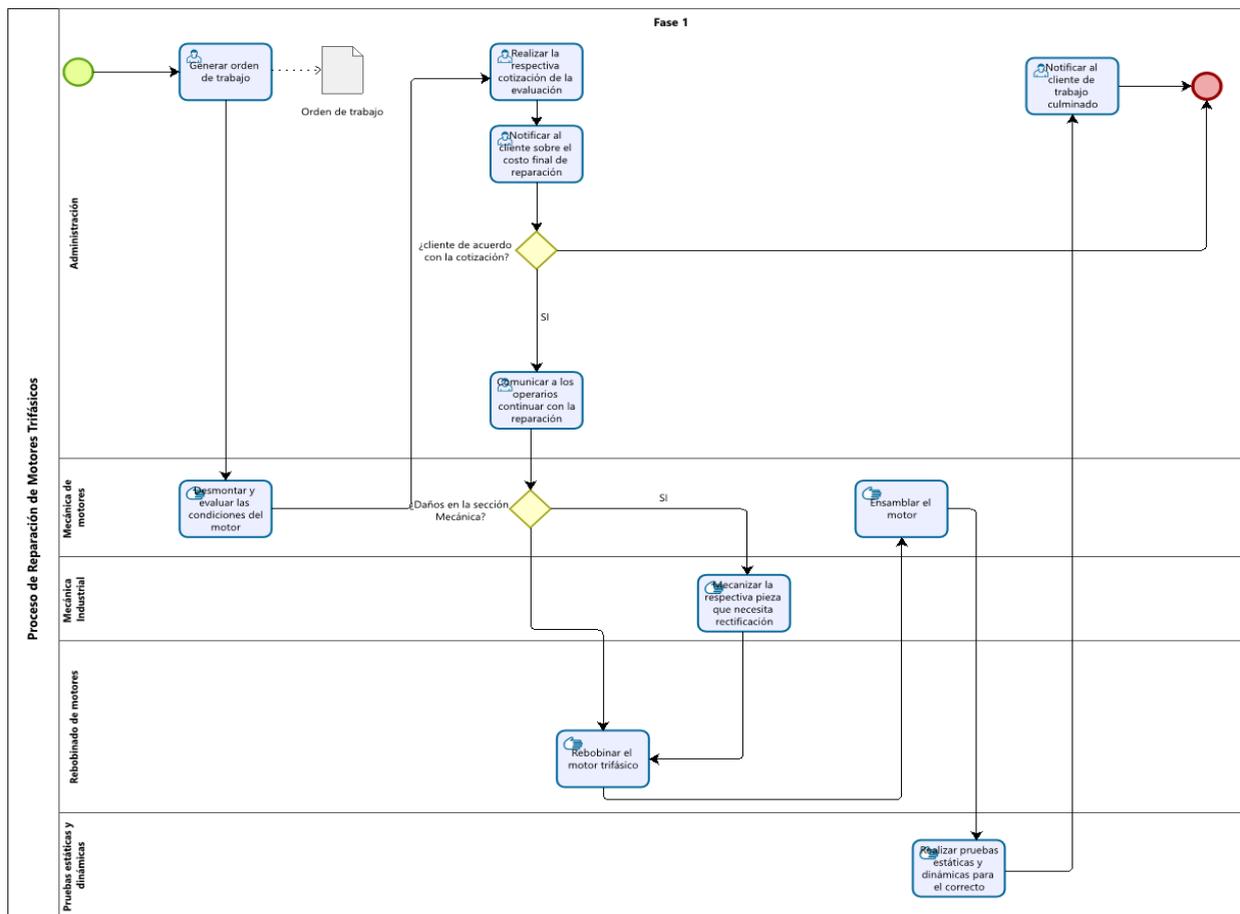


Figura 9. Flujograma del proceso de reparación de motores trifásicos.

Con respecto a la vida útil del motor, si es previsto que posiblemente ya no sea funcional la empresa propone siempre hallar la solución del problema del motor haciendo así que la vida útil del motor sea duradera, debido a que más de una vez se han recibido motores en condiciones deplorables que de una forma u otra han sido reparados. Esta es una opción fiable ya que la compra de un motor nuevo puede ser más costosa que reparar un motor por más dañado que se encuentre.

Si hablamos del control de calidad, uno de los requisitos principales de la empresa es que siempre sean funcionales al momento de que a los motores reparados se les realicen las pruebas estáticas, una de las ventajas de la empresa es que ninguno de los motores que han sido intervenidos han mostrado anomalías al momento de realizarle las pruebas. En caso de que el motor muestre alguna falla quiere decir

que ha sido mal rebobinado, generando un problema catastrófico en el proceso, dando como resultado que se tenga que repetir todo el proceso desde cero desencadenando una pérdida valiosa de material, tiempo y generando una insatisfacción y pérdida de clientes. Por lo mencionado antes es que en el tiempo funcional de la empresa nunca se ha evidenciado que un motor no haya completado con éxito el control de calidad

A continuación, se describe el proceso de reparación de motores trifásicos:

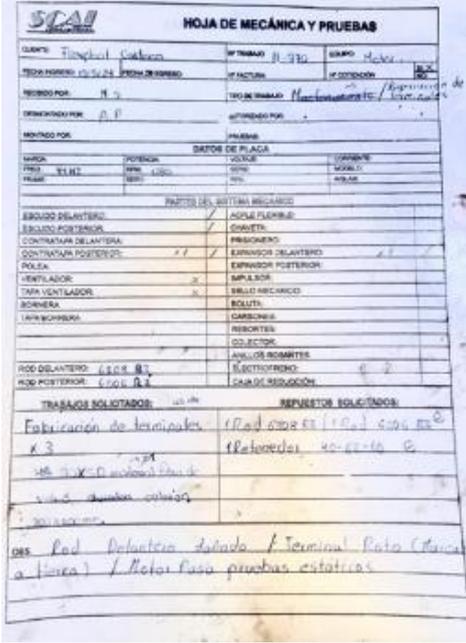
- a) **Generación de la orden de trabajo:** Al momento de llegar el motor al taller es recibido por una persona del área de administración, la cual llena el apartado inicial de la orden de trabajo, los apartados a llenar serán nombre del cliente, fecha de ingreso y la creación de un código de identificación a futuro para el motor, a continuación, se designa a una persona de mecánica de motores donde se realiza evaluación respectiva.
- b) **Desmontaje y evaluación:** La actividad comienza con el desmonte del motor en donde se realiza una evaluación a la parte mecánica y eléctrica para la correcta cotización y compra de repuestos.
- c) **Generar cotización:** En cuestión de la compra de repuestos ya se encuentran incluidas en las cotizaciones que se realizan conforme a los pedidos y también las compras solo son realizadas cuando los repuestos no están disponibles o empiezan a escasear, ya que no realizan compras previstas porque el flujo de trabajo que mantienen hace que solo sea utilizado el inventario o materia prima que tienen a la mano, y conforme se va terminando se realiza la compra de nuevo material.
- d) **Verificar con el cliente la cotización:** Una vez generada la cotización de los repuestos necesarios para la reparación del motor, el área de administración contacta al cliente para revisar y explicar los costos. Se asegura que el cliente esté de acuerdo y autorice la compra. Si hay dudas o se requieren ajustes, se realizan y se reenvía la cotización para su aprobación final, garantizando una comunicación clara y transparente.
- e) **Mecánica Industrial:** En el caso de que el motor tuviera fallos en la zona de

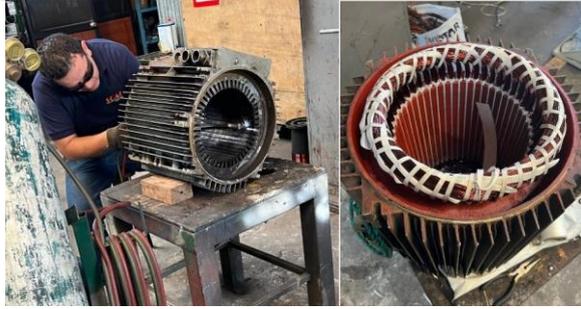
ejes, rotor, chavetas y engranajes se envía a la mecánica industrial para su respectiva corrección.

- f) **Rebobinado:** Luego del desmonte se envía el estator a una evaluación minuciosa del grosor del cable de cobre y el número de vueltas que tiene la bobina original para su reparación. El rebobinado inicia una vez que se hayan retirado las bobinas y se realiza la limpieza del motor para que se coloquen sus nuevas partes.
- g) **Montaje del motor:** Después del respectivo rebobinado se procede a montar el motor con los nuevos repuestos que debían ser cambiados, por ende, este trabajo estará encargado al área de rebobinaje.
- h) **Control de calidad:** Una vez el motor ya se encuentre armado se realizan lo que se conocen como Control de calidad, en la cual se procede a enviar un voltaje establecido al motor para comprobar que su funcionamiento sea el adecuado y que no exista ninguna anomalía.
- i) **Armado y limpieza:** Cuando se establezca que el motor reparado tiene un correcto funcionamiento se proceden a colocar las partes faltantes y se realiza un proceso de limpieza en el cual se retiran impurezas y suciedades del motor ya sea con una espátula, taladro o una pulidora. Una vez hecho este proceso se le es colocada una capa de pintura final para otorgarle una apariencia agradable.

Finalmente se presenta la Tabla 1 en donde se pueden observar imágenes de cada proceso:

Tabla 1. Imágenes de los procesos

Procesos	Imagen
<p>a) Generación de la orden de trabajo</p>	
<p>b) Desmontaje y evaluación</p>	
<p>c) Mecánica Industrial</p>	
<p>d) Rebobinado</p>	



e) Montaje del motor



f) Control de calidad



g) Armado y limpieza



Una vez terminada la evaluación por procesos, con el fin de documentar las entradas, salidas y problemas (los cuales deben ser priorizados), se procedió a realizar un cuadro SIPOC como se puede observar en la Figura 10.

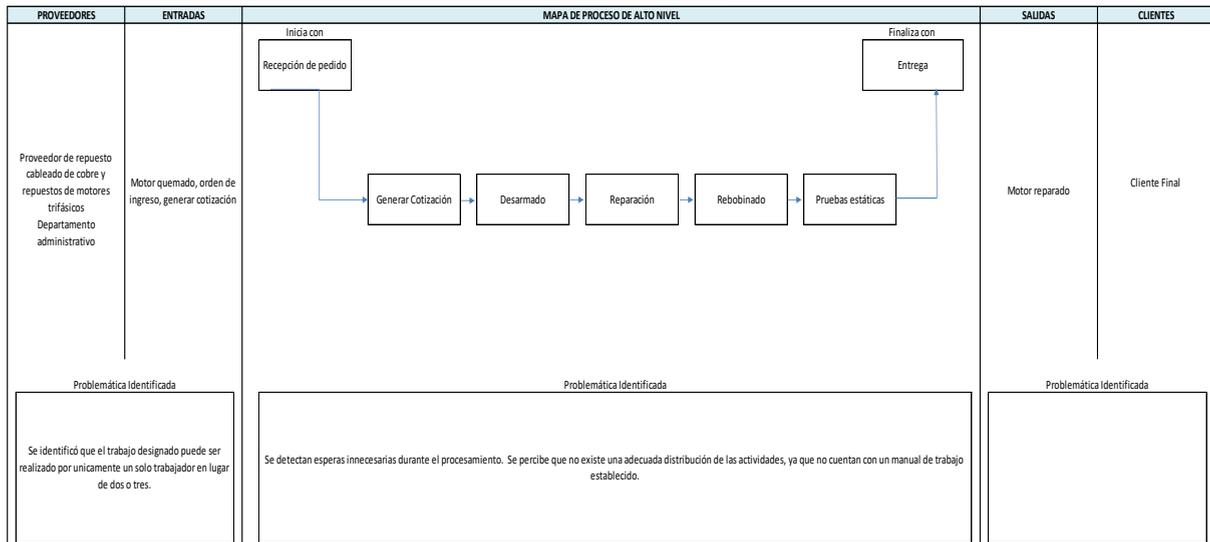


Figura 10. Cuadro SIPOC.

2.2. Fase medir

La fase medir del ciclo DMAIC consiste en recopilar datos relevantes y cuantificables sobre el proceso actual para establecer una línea base de desempeño. Es fundamental identificar y seleccionar las métricas clave que permitirán evaluar el rendimiento del proceso. El objetivo principal es entender las causas raíz del problema y cuantificar la variabilidad y el rendimiento del proceso actual [3].

Para este proyecto, se realizaron diferentes mediciones cronometradas del tiempo de procesamiento, el tiempo de espera y el indicador First Time Quality (FTQ). También se elaboró el mapa actual del proceso de acuerdo con el VSM y se realizó una evaluación de desperdicios en cada área de trabajo para su posterior priorización en la fase de analizar.

2.2.1. Tiempo estimado

Se realizó un estimado de tiempo de culminación de cada motor trifásico antes de su reparación. Este dato estimado fue proporcionado por cada experto del área, previo a la reparación de un motor.

Para encontrar el tiempo estimado de cada proceso se realizó la encuesta cada experto del área por cada motor analizado teniendo un total de 5 observaciones por proceso y considerando que las dimensiones eran similares se promediaron dichos tiempos tanto para el TP (tiempo de proceso) y TE (Tiempo de espera), usamos este método porque nos permitió obtener información precisa y detallada directamente de los expertos, garantizando la exactitud en la estimación de tiempos basada en su experiencia práctica y conocimiento específico del proceso. Estas mediciones se realizaron en los diferentes días de la semana para tener la aleatoriedad en los datos (cabe recalcar que los motores constaban de las siguientes características como se puede observar en el Anexo 3 estos son los que presentan mayor frecuencia en la reparación, como se estableció en la fase definir). A continuación, se presenta la Tabla 2, que detalla estos tiempos estimados. Posteriormente, se realizó la sumatoria de los promedios del tiempo de espera y el tiempo de procesamiento en cada estación de trabajo para su posterior análisis.

Tabla 2. Promedio del tiempo estimado por proceso

Proceso	Área	Tiempo Estimado		
		Promedio		
Generación de la orden de trabajo	Orden de trabajo	Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	2,2	0
		Promedio		
Desmontaje y evaluación	Mecánica de motores	Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	24	4,2
		Promedio		
Cotización	Cotización	Promedio		

		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	30	4,6
Mecánica Industrial	Mecánica industrial (Ejes y rotores)	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	64,8	7,8
Rebobinado	Rebobinado	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	114	19
Montaje del motor	Mecánica de motores	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	60	14
Control de calidad	Pruebas estáticas y dinámicas	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	51,2	8,6
Total, (TP y TE)		TP TOTAL (min)	347,8	
		TE TOTAL (min)	58	

2.2.2. Tiempo Real

Se llevó a cabo la medición del tiempo real, para lo cual se utilizó el tiempo observado del proceso y se calculó el tiempo normal, para este se consideró un ritmo de trabajo normal y finalmente se calculó el tiempo estándar del proceso considerando varios suplementos:

- **Suplementos constantes:** necesidades personales y fatiga.
- **Suplementos variables:** trabajo de pie, postura incomoda y concentración intensa (precisión).

Obteniendo un total de suplementos del 15% con este valor se calculó el tiempo estándar que sería el tiempo real (tiempo observado) calculó el tiempo normal en donde

el ritmo de trabajo se consideró como (normal), usando cronómetros en cada estación de trabajo. Los detalles de estos tiempos se encuentran detallados en la Tabla 3. Además, se calculó la suma de los promedios para determinar el tiempo total de procesamiento y de espera.

Tabla 3. Promedio del tiempo real por proceso

Procesos	Área	Tiempo Real		
		Promedio		
Generación de la orden de trabajo	Orden de trabajo	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	5,55	0
Desmontaje y evaluación	Mecánica de motores	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	32,55	7,2
Cotización	Cotización	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	67,15	32,4
Mecánica Industrial	Mecánica industrial (Ejes y rotores)	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	33,75	5
Rebobinado	Rebobinado	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	166,95	42,8
Montaje del motor	Mecánica de motores	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	135,55	20,6
Control de calidad	Pruebas estáticas y dinámicas	Promedio		
		Motores	TP (min)	TE (min)
		Promedio	44,35	0

Total, (TP y TE)	TP TOTAL (min)	485,85
	TE TOTAL (min)	108,0

2.2.3. Mapa Actual

Se elaboró el mapa actual en el VSM para proyectar el responsable de cada área de trabajo, así como el tiempo de procesamiento y de espera. Además, este mapa ayudó a visualizar el FTQ de cada estación, considerando el siguiente análisis: de cada 10 órdenes de trabajo, ¿cuántas se completan correctamente a la primera vez sin necesidad de reprocesamiento? en la Figura 11 (a) y (b), el FTQ se presenta en porcentaje en función de la respuesta a la pregunta anterior. También permitió identificar los desperdicios presentes en cada área para su posterior análisis en la siguiente etapa.

En respuesta a la pregunta se tiene que el 65 % de los motores se completan correctamente a la primera vez sin necesidad de reprocesamiento, llevando a un análisis que reveló un considerable aumento en el tiempo de procesamiento, incrementando las horas laborales, y en el tiempo de espera, con una disminución del FTQ.

A continuación, en la Figura 11 (a) y (b), se presenta este mapa.



Figura 11 (a). Descripción de la parte superior del mapa actual VSM. Véase Figura 11 (b) para la parte inferior.

Realizar reparaciones en el área de mecánica industrial		
	Mecánica Industrial	
PT	33,75	min
WT	5	min
LT	38,75	min
FTQ	90%	%
Otro	N/A	

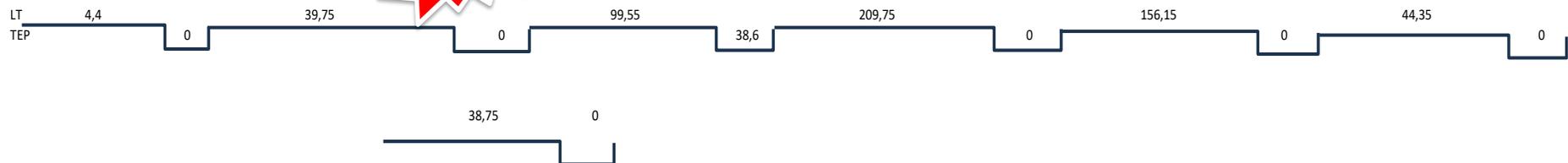
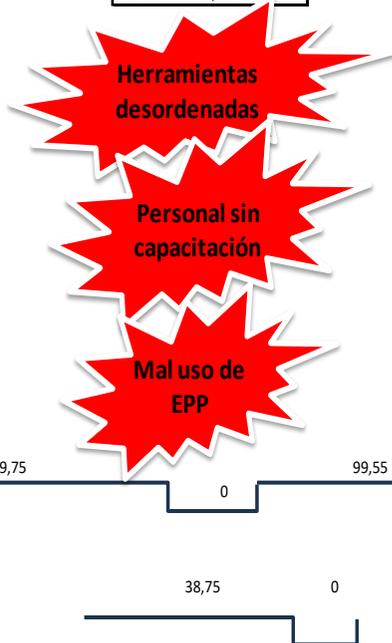


Figura 11 (b). Descripción de la parte inferior del mapa actual VSM.

Después de elaborar el mapa actual y de recolectar los datos del tiempo real, se proyectaron los siguientes datos que se presentan en la Figura 12. Estos serán importantes para la generación de indicadores y su respectivo análisis en la fase de analizar.

Tiempo de valor agregado	PT	485,85	min
Tiempo de espera en actividad	WT	108,00	min
Tiempo de espera entre actividades	WT	38,60	min
Lead Time o Tiempo Total	LT	632,45	min
FTQ Total	FTQ	45,60%	

Figura 12.Indicadores mapa actual VSM.

2.3. Fase analizar

En esta fase, se inicia una investigación para descubrir las causas fundamentales de las deficiencias identificadas en el proceso evaluado. Esta fase nos ayuda a entender las variaciones y falencias del proceso, preparando el terreno para intervenciones efectivas.

Para esto, se ha empleado un conjunto de herramientas analíticas como son: el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, y graficas comparativas para el tiempo estimado y real. Estas herramientas no solo facilitan una comprensión profunda de los problemas, sino que también guían la formulación de soluciones estratégicas en las fases subsiguientes del ciclo DMAIC.

2.3.1. Análisis del tiempo estimado y el tiempo real

Tras la medición, se logró visualizar la generación de tres indicadores clave: el tiempo de espera, el tiempo de procesamiento y el FTQ. Según la gráfica presentada en la Figura 13, se observó que el tiempo estimado propuesto por cada operario para la culminación del trabajo no coincidió con el tiempo real de ejecución. Esto llevó a un análisis que reveló un considerable aumento en el tiempo de procesamiento, incrementando a 2.32 horas laborales, y en el tiempo de espera, que aumentó en 0.8

horas laborales. Además, se evidenció una disminución del FTQ en un 20%.

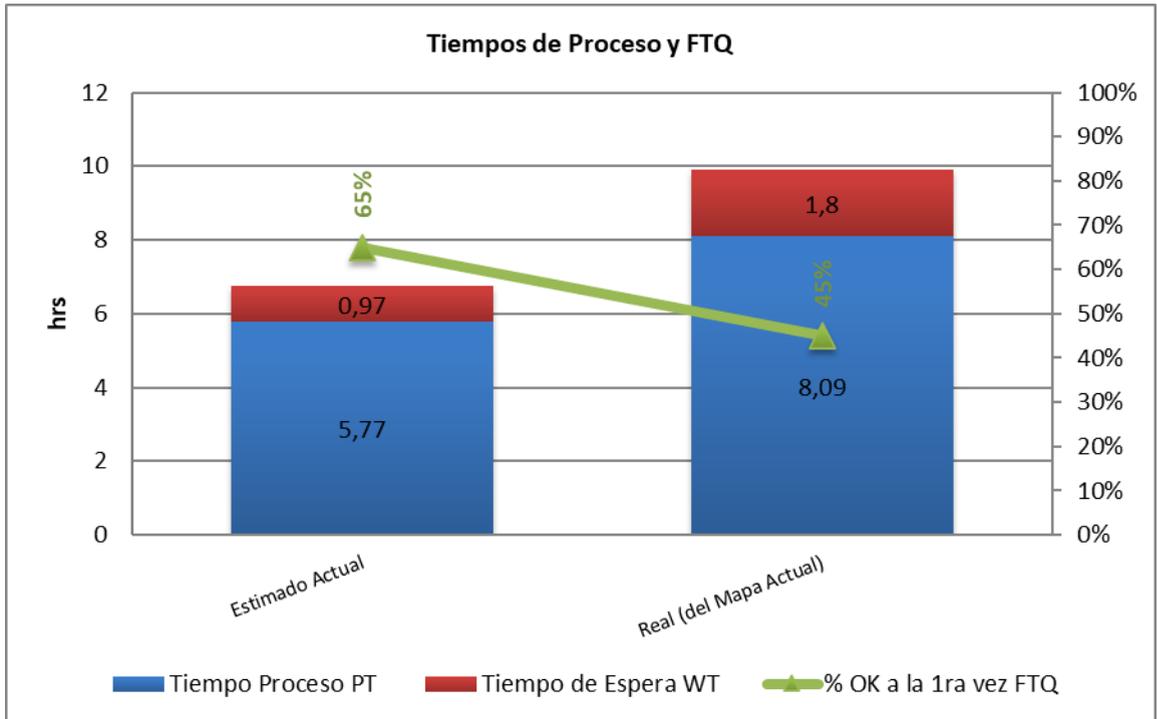


Figura 13. Tiempos de proceso y FTQ (estimado y real).

2.3.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que ayuda a identificar y priorizar las causas más significativas de un problema, basándose en el principio 80/20. Combina un gráfico de barras y una línea acumulativa para mostrar que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Al enfocar los recursos en las áreas de mayor impacto, las empresas pueden mejorar la eficiencia y resolver problemas de manera más efectiva [32].

Tras analizar detenidamente la Figura 13 y para obtener una visión más precisa de los procedimientos con mayores tiempos de espera, se realizó un diagrama de Pareto, que

se muestra en la Figura 14. Esta herramienta ayudó a identificar las áreas con mayores conflictos, con el objetivo de proponer mejoras pertinentes. Es importante tener en cuenta que, al reducir el tiempo de espera, también se puede disminuir el tiempo de procesamiento. El tiempo de espera representa las pausas de trabajo innecesarias que pueden surgir. Por lo tanto, de acuerdo con la Figura 14 se identificaron que las áreas con más tiempos de espera son rebobinaje y administración.

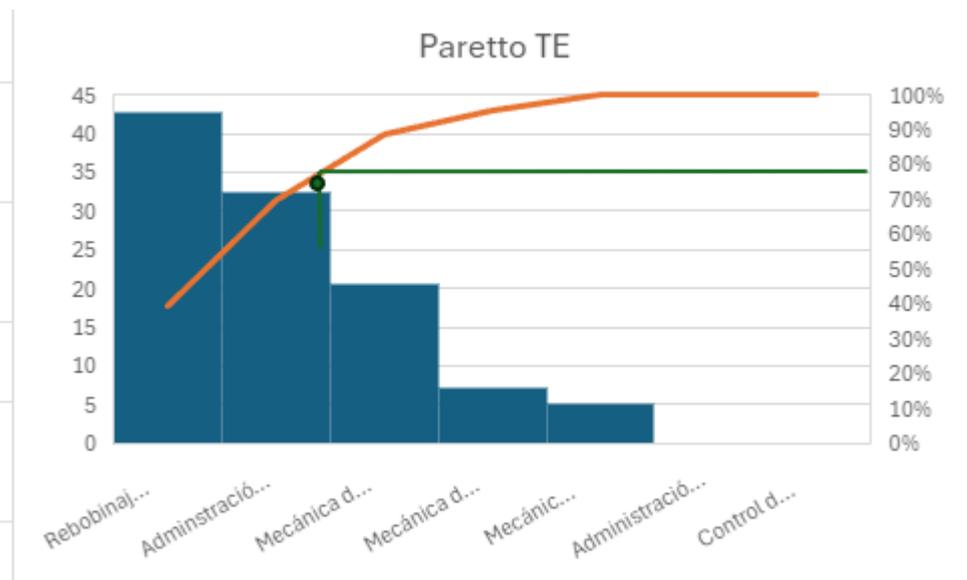


Figura 14. Pareto tiempo de espera.

2.3.3. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, desarrollado por Kaoru Ishikawa, es una herramienta utilizada para identificar, analizar y representar visualmente las posibles causas de un problema o efecto específico. Se asemeja a una espina de pescado y ayuda a desglosar las causas potenciales en categorías más manejables. Generalmente, se utilizan las 6 “M” para categorizar las causas las cuales son: mano de obra, maquina, medio ambiente, material, método y medida [33].

El diagrama de Ishikawa está conformado por las siguientes secciones:

- a) **Mano de obra:** La mano de obra se refiere a las personas involucradas en el proceso de reparación de motores trifásicos. Incluye aspectos como la capacitación, habilidades, motivación, distribución de actividades y comunicación entre los empleados. Problemas comunes pueden ser la falta de formación adecuada, mala asignación de tareas, falta de comunicación efectiva y baja motivación, que pueden afectar la eficiencia y calidad del trabajo [33].
- b) **Máquina:** Esta categoría incluye todas las herramientas, equipos y maquinaria utilizados en el proceso de reparación. Los problemas relacionados con las máquinas pueden incluir la falta de herramientas necesarias, el mal estado o mantenimiento de las máquinas, y la insuficiencia de equipos disponibles. Estas deficiencias pueden causar retrasos, aumentar el tiempo de reparación y reducir la calidad del trabajo realizado [33].
- c) **Medio Ambiente:** El medio ambiente abarca las condiciones físicas y ambientales del lugar de trabajo, como la distribución de la planta, la ubicación de las herramientas, y las condiciones de trabajo en general. Un entorno mal organizado, condiciones de trabajo incómodas o inseguras, y una mala distribución del espacio pueden afectar negativamente la productividad y el bienestar de los empleados [33].
- d) **Material:** El material se refiere a los insumos y repuestos necesarios para la reparación de motores. Problemas en esta categoría pueden incluir la demora en la compra de materiales, largos tiempos de espera para la importación de piezas, y la adquisición de repuestos incorrectos o de baja calidad. Estas cuestiones pueden causar interrupciones en el flujo de trabajo y afectar la calidad del servicio [33].
- e) **Método:** El método implica los procedimientos, procesos y políticas utilizados para llevar a cabo las reparaciones. Esto incluye la falta de flexibilidad en los procedimientos, la falta de remuneración adecuada por horas extras, y una carga de trabajo excesiva. Problemas en los métodos pueden llevar a ineficiencias, errores, y desmotivación del personal [33].
- f) **Medida:** La medida se refiere a los sistemas y herramientas utilizados para evaluar y monitorear el rendimiento del proceso de reparación. Esto incluye la ausencia de indicadores clave de rendimiento como calidad, tiempo, productividad y seguridad, tiempos de espera prolongados, y la pérdida de tiempo en actividades no productivas. La falta de medición adecuada puede impedir la identificación y

corrección de problemas en el proceso [33].

2.3.3.1. Diagrama de Ishikawa en el área de rebobinado.

Después de realizar el análisis de tiempos y desperdicios, se realizó un análisis más profundo. Se comenzó con el rebobinado, para lo cual se elaboró un diagrama de Ishikawa con el objetivo de identificar las problemáticas que más afectaban esta área de trabajo, tal como se muestra en la Figura 15.

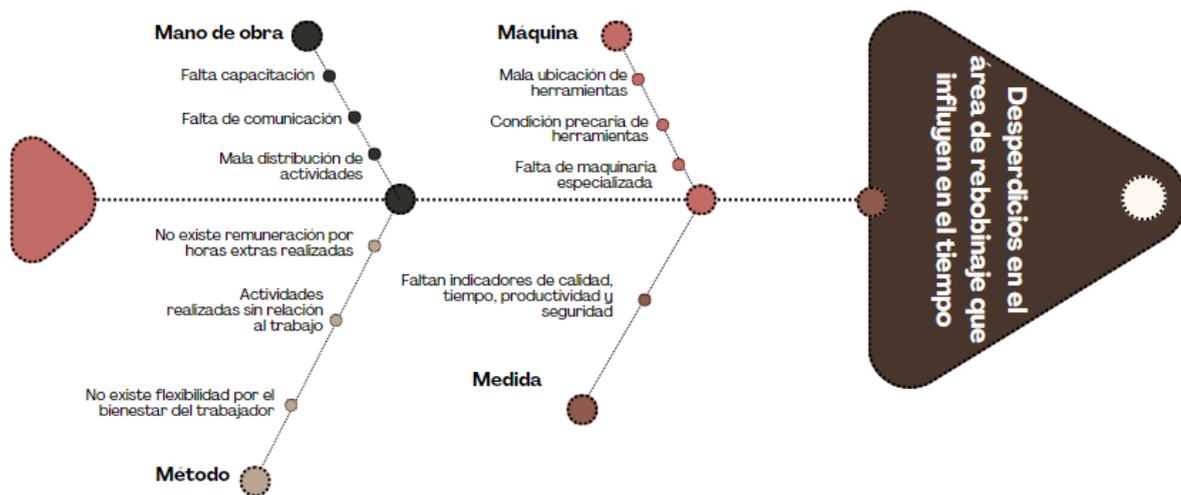


Figura 15. Diagrama de Ishikawa de las 6M del área de rebobinado.

A continuación, se explica por qué las causales de cada sección del diagrama de Ishikawa se centran directamente en los desperdicios que influyen en el tiempo.

a) Mano de Obra:

- Falta de capacitación: La falta de capacitación adecuada en los empleados resulta en una menor eficiencia y más errores durante el proceso de reparación de motores. Esto aumenta el tiempo necesario para completar las reparaciones debido a la necesidad de rehacer trabajos o corregir errores, generando desperdicios en términos de tiempo y recursos.

- **Falta de comunicación:** La comunicación deficiente entre los miembros del equipo y entre diferentes departamentos, lleva a malentendidos y errores de coordinación. Estos problemas causan retrasos y tiempos de espera innecesarios, ya que los empleados deben esperar por instrucciones claras o la información correcta para continuar con su trabajo.
- **Mala distribución de actividades:** La asignación ineficiente de tareas entre los trabajadores provoca desequilibrios en la carga de trabajo, con algunos empleados sobrecargados y otros infrautilizados. Esto resulta en tiempos muertos y reduce la productividad global, incrementando el tiempo total de reparación de los motores.

b) Máquina:

- **Mala ubicación de herramientas:** Las herramientas mal ubicadas obligan a los empleados a perder tiempo buscándolas durante el proceso de reparación. Este tiempo adicional de búsqueda se traduce en una mayor duración del proceso, incrementando los desperdicios relacionados con el tiempo.
- **Condición precaria de herramientas:** Las herramientas en mal estado o que requieren mantenimiento frecuente reducen la eficiencia del trabajo, ya que los empleados deben detenerse para arreglar o reemplazar las herramientas defectuosas. Esto prolonga el tiempo de reparación y contribuye a los desperdicios.
- **Falta de maquinaria especializada:** La ausencia de maquinaria adecuada para tareas específicas obliga a los empleados a utilizar métodos manuales o improvisados, que son más lentos y menos eficientes. Esto aumenta significativamente el tiempo necesario para completar las reparaciones.

c) Método:

- **No existe remuneración por horas extras realizadas:** La falta de incentivos para trabajar horas extras desmotiva a los empleados a poner un esfuerzo adicional, especialmente en situaciones críticas donde se necesita completar las reparaciones rápidamente. Esto puede causar demoras en el cumplimiento de los plazos.

- Actividades realizadas sin relación al trabajo: La asignación de tareas no relacionadas con la reparación de motores consume tiempo que debería dedicarse a las actividades principales. Esto distrae a los empleados y alarga el tiempo total del proceso de reparación.
- No existe flexibilidad por el bienestar del trabajador: La falta de flexibilidad en las políticas laborales puede generar descontento y estrés entre los empleados, reduciendo su productividad y aumentando los tiempos de reparación debido a pausas frecuentes o baja motivación.

d) Medida:

- Faltan indicadores de calidad, tiempo, productividad y seguridad: La ausencia de métricas claras y medibles impide a la organización identificar cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso de reparación. Sin estos indicadores, es difícil implementar mejoras efectivas, lo que lleva a una acumulación de ineficiencias y aumenta el tiempo total de reparación.

Luego de analizar los desperdicios, se creó una tabla de priorización, para identificar la mejor alternativa de mejora.

Para calcular la priorización empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Prioridad} = \text{Gravedad} \times \text{Probabilidad} \times \text{Dificultad}$$

Se analizan estos tres aspectos: gravedad, probabilidad y dificultad, porque juntos proporcionan una evaluación integral de los problemas o situaciones que se quieren abordar. A continuación, se explica el porqué de la importancia de cada uno:

- Gravedad:** Evaluar la gravedad te permite entender el impacto potencial que tiene un problema si no se resuelve. Esto es crucial porque te ayuda a priorizar aquellos problemas que podrían tener consecuencias más serias para tu proceso o sistema.

- b) **Probabilidad:** La probabilidad indica la frecuencia o la posibilidad de que ocurra un problema. Es importante considerar este aspecto para enfocar los recursos en aquellos problemas que tienen una alta probabilidad de ocurrir y, por lo tanto, representan riesgos más inmediatos.
- c) **Dificultad:** Evaluar la dificultad implica considerar cuán complicado será implementar una solución efectiva. Problemas con una alta dificultad pueden requerir más tiempo, recursos o cambios significativos en comparación con aquellos de menor dificultad.

Al combinar estos tres aspectos en la fórmula de priorización, se obtiene una métrica cuantitativa que nos ayuda a identificar y priorizar los problemas que requieren atención inmediata o acciones correctivas. Esta metodología asegura que los esfuerzos se enfoquen en resolver los problemas que tienen el mayor potencial de impacto negativo y que sean más factibles de abordar.

En cuestión de la escala en la que se deben priorizar tenemos lo siguiente:

- Rojo: 76 a 125
- Naranja: 51 a 75
- Amarillo: 26 a 50
- Verde: 0 a 25

a) Gravedad:

- Nivel 1 (Bajo): Impacto mínimo en los resultados y operaciones. Puede ser manejado fácilmente sin consecuencias significativas.
- Nivel 2 (Bajo-Medio): Impacto limitado en los resultados. Puede requerir alguna atención, pero las consecuencias son manejables.
- Nivel 3 (Medio): Impacto moderado en los resultados y operaciones. Puede afectar la eficiencia o calidad, pero con medidas correctivas, se pueden mitigar las

consecuencias.

- Nivel 4 (Alto-Medio): Impacto considerable en los resultados y operaciones. Puede causar problemas significativos si no se aborda adecuadamente.
- Nivel 5 (Alto): Impacto crítico en los resultados y operaciones. Puede resultar en fallas importantes del proceso o servicio si no se maneja de manera efectiva.

b) Probabilidad:

- Nivel 1 (Bajo): Ocasionalmente ocurre, raramente se espera.
- Nivel 2 (Bajo-Medio): Puede ocurrir en ciertas circunstancias, pero no frecuentemente.
- Nivel 3 (Medio): Ocurre con regularidad bajo ciertas condiciones.
- Nivel 4 (Alto-Medio): Ocurre frecuentemente en condiciones normales de operación.
- Nivel 5 (Alto): Ocurre casi siempre, muy probablemente durante las operaciones normales.

c) Dificultad:

- Nivel 1 (Bajo): Fácil de resolver con recursos mínimos y poco tiempo.
- Nivel 2 (Bajo-Medio): Puede requerir algo de tiempo y recursos para resolver, pero es manejable.
- Nivel 3 (Medio): Requiere esfuerzos significativos y recursos para resolver.
- Nivel 4 (Alto-Medio): Requiere recursos considerables y tiempo para implementar soluciones efectivas.

- Nivel 5 (Alto): Muy difícil de resolver, requiere recursos extensivos y un tiempo considerable para implementar soluciones.

En la Tabla 4 se detalla el método de priorización:

Tabla 4. Priorización del área de rebobinaje

Factor	Gravedad	Probabilidad	Dificultad	Prioridad	Color de prioridad
Falta de capacitación	5	5	5	125	Rojo
Falta de comunicación	5	5	5	125	Rojo
Mala ubicación de herramientas	5	5	5	125	Rojo
Condición precaria de herramientas	3	3	2	18	Verde
Falta de maquinaria especializada	2	2	2	8	Verde
Faltan indicadores de calidad, tiempo, productividad y seguridad	5	5	5	125	Rojo
No existe flexibilidad por el bienestar del trabajador	5	5	5	125	Rojo
Actividades realizadas sin relación al trabajo	5	5	5	125	Rojo
Mala distribución de actividades	5	5	5	125	Rojo
No existe remuneración por horas extras realizada	3	4	3	36	Amarrillo

En conclusión, las causas que necesitan una atención rápida son las que están marcadas de color rojo, ya que muestran el nivel más alto tanto de gravedad, probabilidad, dificultad y una máxima prioridad, haciendo así que sean las seleccionadas para nuestra propuesta de mejora.

2.3.3.2. Diagrama de Ishikawa en el área de administración.

De la misma manera se realizó lo mismo con el área de administración, para lo cual se diseñó un diagrama de Ishikawa con el fin de identificar las problemáticas más significativas en esta área de trabajo, como se indica en la Figura 16.

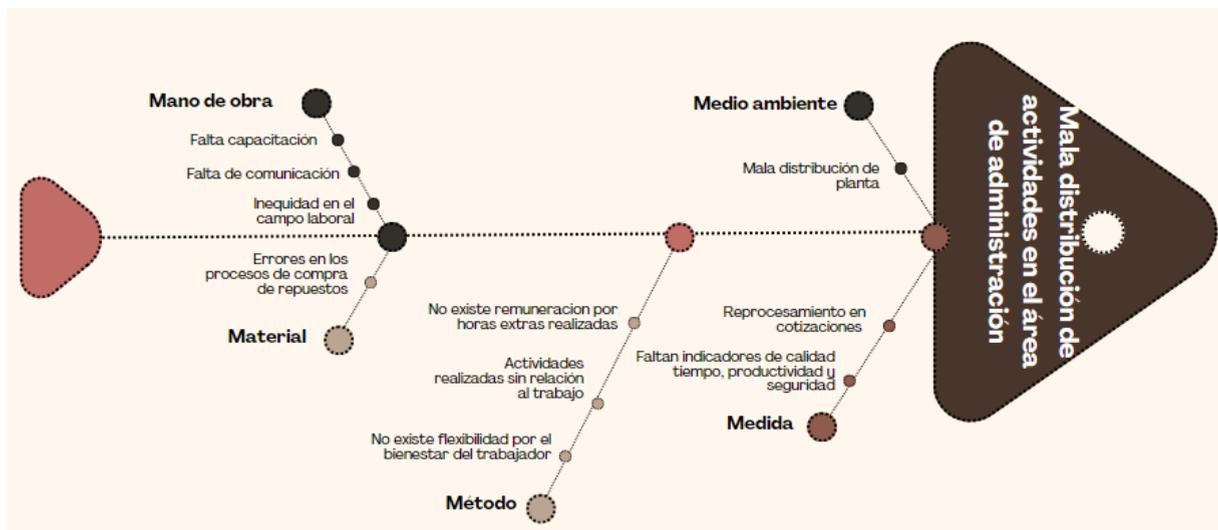


Figura 16. Ishikawa del área de administración.

A continuación, se explica porqué las causales de cada sección del diagrama de Ishikawa se centran directamente en la mala distribución de actividades en el área de administración.

a) Mano de obra:

- **Falta de capacitación:** La falta de capacitación puede llevar a que los empleados no estén preparados para realizar sus tareas correctamente, lo que resulta en errores y retrasos en la distribución adecuada de actividades en la administración.

- Falta de comunicación: Una comunicación deficiente puede llevar a malentendidos sobre las responsabilidades de cada empleado, lo que causa duplicación de esfuerzos o falta de atención en áreas críticas.
- Inequidad en el campo laboral: La falta de equidad puede llevar a que algunos empleados sean sobrecargados de trabajo mientras otros tienen menos responsabilidades, afectando negativamente la distribución equitativa de actividades.

b) Medio Ambiente:

- Mala distribución de planta: Una distribución ineficiente del espacio físico puede dificultar el flujo de trabajo y la interacción entre los equipos, afectando la coordinación y la colaboración en la distribución de actividades.

c) Material:

- Errores en los procesos de compra de repuestos: La adquisición incorrecta o tardía de repuestos puede causar interrupciones en las operaciones diarias y afectar la planificación adecuada de las actividades administrativas.

d) Método:

- No existe flexibilidad por el bienestar del trabajador: La rigidez en los métodos de trabajo puede llevar a asignaciones inflexibles de tareas, sin considerar las capacidades individuales o las necesidades del equipo, lo que contribuye a la mala distribución de actividades.
- Actividades realizadas sin relación al trabajo: La falta de procesos claros puede resultar en tareas innecesarias o duplicadas, desviando recursos y esfuerzos de actividades más prioritarias en la administración.

e) **Medida:**

- **Reprocesamiento en cotizaciones:** La falta de indicadores claros de desempeño puede llevar a errores en las cotizaciones y procesos de seguimiento, afectando la eficiencia y precisión en la distribución de actividades.
- **Faltan indicadores de calidad, tiempo, productividad y seguridad:** La ausencia de métricas adecuadas dificulta la evaluación precisa del rendimiento, lo que dificulta la identificación y la corrección de problemas en la distribución de actividades administrativas.

Posteriormente, se creó una tabla de priorización, como se visualiza en la Tabla 5, para determinar la mejor alternativa de mejora.

Tabla 5. Priorización del área de administración

Factor	Gravedad	Probabilidad	Dificultad	Prioridad	Color de prioridad
Falta de capacitación	5	5	5	125	Rojo
Falta de comunicación	5	5	5	125	Rojo
Mala distribución de planta	5	5	5	125	Rojo
Reprocesamiento en cotizaciones	3	3	5	45	Amarrillo
Errores en el proceso de compra de repuestos	2	4	3	24	Verde
Faltan indicadores de calidad tiempo, productividad y seguridad	5	5	5	125	Rojo
No existe flexibilidad por el bienestar del trabajado	5	5	5	125	Rojo

Actividades realizadas sin relación al trabajo	5	5	5	125	Rojo
Inequidad en la carga laboral	5	5	5	125	Rojo
No existe remuneración por horas extras realizada	3	4	3	36	Amarrillo

Según el análisis de priorización, las causas que necesitan una solución más inmediata son las que marcan el nivel más alto (en este caso 5) tanto en gravedad, probabilidad, dificultad y con una prioridad máxima la cual se designa el color rojo.

Una vez, finalizado el análisis de prioridad de las causas que están afectando a cada una de las áreas identificadas como problemas, se realizó una comparación general de las causas, permitiendo establecer las herramientas más adecuadas para solucionar dichas causas puntuales, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Herramientas de mejora

Áreas	Problemas identificados	Causas	Efectos	Herramientas
		Falta de capacitación	Mayor riesgo de accidentes y problemas de seguridad	Matriz de competencias
		Falta de comunicación	Incremento en los tiempos de inactividad debido a la falta de instrucciones claras	Matriz de evaluación de clima laboral

Administración y rebobinaje	Tiempo de espera excesivo	Mala ubicación de herramientas- Mala distribución de planta	Incremento en los tiempos de producción debido a la búsqueda constante de herramientas.	Layout mejorado
		Faltan indicadores de calidad tiempo, productividad y seguridad	Dificultad para medir y mejorar el desempeño del personal y de los procesos.	VSM mapa futuro
		No existe flexibilidad por el bienestar del trabajador	Alta rotación de personal debido a la insatisfacción laboral y la falta de balance entre la vida personal y laboral	Matriz de evaluación de clima laboral
		Actividades realizadas sin relación al trabajo	Pérdida de tiempo y recursos en tareas no productivas, reduciendo la eficiencia general.	Matriz RACI
		Inequidad en la carga laboral	Sobre personal en el área de administración	Matriz RACI

En el siguiente capítulo se detallan las herramientas propuestas para la eliminación de estas causas graves establecidas en la matriz de priorización tanto del área de rebobinaje como de administración.

CAPÍTULO III

3. Propuesta de mejora en el proceso de reparación de motores trifásicos.

3.3. Fase mejorar

La fase de mejorar en el ciclo DMAIC es crucial para la búsqueda de soluciones que optimicen los procesos identificados como problemáticos en las fases anteriores. En esta etapa, se desarrollan y aplican estrategias específicas para abordar las causas raíz de los problemas, utilizando herramientas de mejora continua y técnicas de optimización de procesos [34].

Para identificar áreas de mejora, se tomaron en cuenta los datos obtenidos en la fase de análisis. Las dos áreas seleccionadas para este proyecto fueron rebobinado y administración para ello se propuso lo siguiente: realizar un análisis de las competencias (matriz de competencias), mejorar la relación entre empleador y trabajadores (matriz de evaluación de clima laboral), proponer una mejora en el layout de la empresa, diseñar el VSM futuro que proyectará una reducción de desperdicios considerando todas las mejoras mencionadas anteriormente, y redistribuir actividades (matriz RACI).

3.3.1. Propuesta de mejoramiento de clima laboral

Para mejorar el clima laboral en la empresa, se propuso el uso de la herramienta de la matriz de competencias (esta matriz deberá ser completada por actividades) y la matriz de evaluación del clima laboral. Estas herramientas se emplearon para buscar una mejora documentada y medible dentro de la empresa.

3.3.1.1. Matriz de competencias.

La matriz de competencias es una herramienta utilizada en recursos humanos y gestión del talento para evaluar y visualizar las habilidades y capacidades de los empleados en relación con las necesidades del puesto de trabajo o los objetivos organizacionales. La matriz suele representarse en forma de tabla o gráfico, donde las competencias requeridas para un determinado puesto o función se enumeran

en las filas y los niveles de dominio de esas competencias se enumeran en las columnas. Esto permite identificar brechas de habilidades, planificar el desarrollo profesional y tomar decisiones informadas sobre selección, promoción y capacitación del personal [35].

Para realizar la matriz se emplean los siguientes componentes:

- a) **Empleado:** Individuos o posiciones dentro de la organización que están siendo evaluados en términos de sus competencias y habilidades requeridas para realizar eficazmente su trabajo.
- b) **Competencia:** Conjunto de habilidades, conocimientos y capacidades que una persona debe poseer para llevar a cabo exitosamente una tarea específica o cumplir con las expectativas del rol dentro de la organización.
- c) **Nivel Actual:** La profundidad o grado de habilidad que un empleado posee actualmente en relación con cada competencia clave.
- d) **Nivel Deseado:** El nivel de competencia que se requiere para que un empleado desempeñe su trabajo de manera óptima.
- e) **Nivel de evaluación de 1 a 5:** El nivel de evaluación de 1 a 5 mide la gravedad, probabilidad y dificultad de los problemas. Un nivel de 1 indica baja importancia o rareza, y un 5 indica alta importancia o frecuencia.
- f) **Brechas Identificadas:** Las diferencias entre los niveles actuales de competencia y los niveles deseados para cada competencia, que indican áreas donde se necesitan mejoras o desarrollo.
- g) **Plan de Capacitación:** Conjunto de acciones y programas diseñados para cerrar las brechas de competencias identificadas entre el nivel actual y el nivel deseado.

Para el área de rebobinado se presenta un ejemplo de una matriz de competencias como se muestra en la Figura 17, en la que se puede observar la necesidad de capacitación en el uso de herramientas y en gestión, para alcanzar el nivel 5, que corresponde al estándar de muy satisfactorio.

Empleado	Competencia 1	Nivel Actual	Nivel Deseado	Competencia 2	Nivel Actual	Nivel Deseado	Competencia 3	Nivel Actual	Nivel Deseado	Brechas Identificadas	Plan de Capacitación
Empleado 1	Rebobinado	5	5	Uso de Herramientas	2	4	Gestión del Tiempo	3	5	Requiere mejorar en uso de herramientas y gestión del tiempo	Curso de herramientas, Taller de gestión del tiempo
Empleado 2	Rebobinado	5	5	Uso de Herramientas	3	4	Gestión del Tiempo	2	5	Necesita capacitación en gestión del tiempo	Taller de gestión del tiempo
Empleado 3	Rebobinado	5	5	Uso de Herramientas	2	4	Gestión del Tiempo	2	5	Necesita capacitación en gestión del tiempo	Taller de gestión del tiempo

Figura 17. Ejemplo de una matriz de competencias para el área de rebobinado.

Así también, para el área de administración se realizó un ejemplo de una matriz de competencias como se visualiza en la Figura 18, se pudo observar que se requiere mejorar la generación de cotizaciones y la designación de actividades. Para abordar esto, de acuerdo al resultado obtenido en el ejemplo se puede analizar la posibilidad de capacitar al personal en áreas como la contabilidad y liderazgo para fortalecer estos aspectos en la empresa.

Empleado	Competencia 1	Nivel Actual	Nivel Deseado	Competencia 2	Nivel Actual	Nivel Deseado	Competencia 3	Nivel Actual	Nivel Deseado	Brechas Identificadas	Plan de Capacitación
Empleado 1	Administración	4	5	Generación de cotizaciones	2	4	Designación de actividades	2	5	Requiere mejorar en la generación de cotizaciones y designar actividades	Curso de contabilidad y de liderazgo
Empleado 2	Administración	4	5	Generación de cotizaciones	3	4	Designación de actividades	2	5	Requiere mejorar en la generación de cotizaciones y designar actividades	Curso de contabilidad y de liderazgo
Empleado 3	Administración	4	5	Generación de cotizaciones	2	4	Designación de actividades	2	5	Requiere mejorar en la generación de cotizaciones y designar actividades	Curso de contabilidad y de liderazgo

Figura 18. Ejemplo de una matriz de competencias para el área de administración

3.3.1.2. Matriz de evaluación de clima laboral.

La matriz de evaluación del clima laboral es una herramienta utilizada para medir y analizar el ambiente y las condiciones de trabajo dentro de una organización. A través de encuestas o cuestionarios, se recopilan datos sobre dimensiones clave como la satisfacción laboral, el compromiso y la cultura organizacional. Estos datos se analizan para identificar áreas de fortaleza y áreas de mejora en el ambiente laboral, permitiendo a la organización tomar medidas para crear un entorno de trabajo más positivo y productivo, mejorar el compromiso de los empleados y promover el éxito organizacional [36].

Para la realización de la matriz se emplean los siguientes componentes:

- a) **Aspecto Evaluado:** Son los aspectos específicos que se evalúan para medir el clima laboral en la organización. Pueden incluir la comunicación, el liderazgo, el trabajo en equipo, entre otros.
- b) **Calificación Promedio:** Es el promedio de las calificaciones obtenidas en cada aspecto evaluado, que refleja la percepción general de los empleados sobre ese aspecto.
- c) **Nivel de evaluación de 1 a 10:** La matriz utiliza los niveles del 1 al 10 para evaluar la percepción de los empleados sobre diversos aspectos del ambiente laboral., donde 1 denota un nivel bajo y 10 indica un resultado excelente.
- d) **Punto Fuerte:** Aspecto del clima laboral que muestra un rendimiento excepcional, reflejando prácticas efectivas y contribuyendo significativamente a un ambiente de trabajo positivo.
- e) **Área de Mejora:** Las áreas identificadas como oportunidades de mejora dentro del clima laboral, basadas en las calificaciones más bajas o retroalimentaciones críticas de los empleados.

- f) **Acción Propuesta:** Iniciativas o estrategias propuestas para mejorar las áreas identificadas como oportunidades de mejora en el clima laboral.
- g) **Responsable:** Persona o equipo responsable de implementar las acciones propuestas para mejorar el clima laboral.
- h) **Fecha de Implementación:** Fecha prevista para la implementación de las acciones propuestas para mejorar el clima laboral.

Tal y como se muestra en la Figura 19, se ha realizado un ejemplo de la evaluación del clima laboral en el área de administración. El objetivo de esta matriz es aplicarla en todas las áreas para que su implementación sea más efectiva.

Aspecto Evaluado	Calificación Promedio 1-10	Punto Fuerte	Área de Mejora	Acción Propuesta	Responsable	Fecha de Implementación
Comunicación Interna	4	Sí	Sí	Buscar alternativas de comunicación con los empleados	Administración	--
Liderazgo	2.8	Sí	Sí	Implementar programa de desarrollo de liderazgo	Administración	--
Condiciones de Trabajo	3.0	Sí	Sí	Mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo	Administración	--
Reconocimiento y Recompensas	2.5	Sí	Sí	Establecer un sistema de reconocimiento mensual	Administración	--
Trabajo en Equipo	3.2	Sí	Sí	Fomentar más actividades de team building	Administración	--

Figura 19. Ejemplo de una matriz de evaluación del clima laboral.

Para obtener los resultados de la matriz de evaluación del clima laboral, se encuestaron a tres jefes de área de la empresa, quienes calificaron del 1 a 10, aspectos relevantes como: comunicación interna, liderazgo, condiciones de trabajo, reconocimiento y recompensa, y trabajo en equipo. Las calificaciones promediadas para cada aspecto se colocaron en la columna “calificación promedio 1 - 10”. Los aspectos evaluados antes mencionados, la razón de porqué se considera un punto fuerte o no las áreas de mejora para cada uno de ellos y

sus respectivas propuestas se detallan a continuación.

Puntos fuertes:

- **Comunicación Interna: Sí**

La comunicación interna ha sido identificada como un punto fuerte debido a la implementación efectiva de canales de comunicación que facilitan la interacción clara y efectiva entre los empleados y los líderes.

- **Liderazgo: Sí**

El liderazgo ha sido identificado como un punto fuerte debido a la percepción de los empleados sobre la capacidad de los líderes para guiar y motivar eficazmente.

- **Condiciones de Trabajo: Sí**

Las condiciones de trabajo fueron marcadas como un punto fuerte debido a las políticas y prácticas existentes que promueven un entorno seguro, cómodo y saludable para los empleados.

- **Reconocimiento y Recompensas: Sí**

El reconocimiento y las recompensas se consideran un punto fuerte debido a los esfuerzos actuales por valorar y recompensar regularmente el desempeño excepcional.

- **Trabajo en Equipo: Sí**

El trabajo en equipo se destacó como un punto fuerte debido a las actividades efectivas de construcción de equipos que promueven la colaboración, la confianza y el apoyo entre los diferentes equipos y departamentos.

Área de mejora:

- **Comunicación Interna: Sí**
Se identificó como área de mejora debido a la necesidad de explorar nuevas alternativas de comunicación que puedan fortalecer aún más el flujo de información y la cohesión entre los equipos.
- **Liderazgo: Sí**
Se marca como área de mejora porque se requiere implementar un programa de desarrollo de liderazgo para mejorar las habilidades de gestión y liderazgo.
- **Condiciones de Trabajo: Sí**
Aunque se considera un punto fuerte, se identificó como área de mejora en cuestión de la ergonomía y las condiciones generales de trabajo, garantizando un entorno más seguro y cómodo para todos los empleados.
- **Reconocimiento y Recompensas: Sí**
Se propone establecer un sistema de reconocimiento mensual para valorar y recompensar regularmente el desempeño excepcional.
- **Trabajo en Equipo: Sí**
Se identificó como área de mejora porque se deben fomentar más actividades de team building para fortalecer aún más la cohesión y colaboración entre los equipos.

Acción propuesta:

- **Comunicación Interna:** Se propone buscar alternativas de comunicación con los empleados para fortalecer la interacción y el entendimiento organizacional, mejorando así la transparencia y la cohesión en toda la empresa.
- **Liderazgo:** Se propone implementar un programa de desarrollo de liderazgo para mejorar las habilidades de gestión y motivación del equipo, asegurando un liderazgo efectivo que impulse el rendimiento y la satisfacción laboral.
- **Condiciones de Trabajo:** Se propone mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo mediante la implementación de ajustes y mejoras físicas que optimicen el confort y reduzcan el riesgo de lesiones relacionadas con el trabajo.
- **Reconocimiento y Recompensas:** Se propone establecer un sistema de reconocimiento mensual para valorar y recompensar regularmente el desempeño excepcional, motivando así a los empleados y fortaleciendo la cultura organizacional de reconocimiento.
- **Trabajo en Equipo:** Se propone fomentar más actividades de team building para fortalecer la cohesión y colaboración entre los equipos, promoviendo un ambiente de trabajo positivo y colaborativo.

Por último la columna de responsable tenemos que el área de administración se considera responsable en la matriz de evaluación del clima laboral por varias razones específicas, en comunicación interna: para mejorar los canales de comunicación y la transparencia organizacional; en liderazgo: para implementar programas de desarrollo que fortalezcan las habilidades de gestión; en condiciones

de trabajo: para mejorar la ergonomía y seguridad laboral; en reconocimiento y recompensas: para establecer sistemas que valoren el desempeño regularmente; y en trabajo en equipo: para promover actividades que fortalezcan la colaboración entre equipos. Estas responsabilidades reflejan el papel crucial de la administración en influir positivamente en el clima laboral y la cultura organizacional.

En conclusión, la matriz de evaluación de clima laboral revela áreas críticas como liderazgo, reconocimiento y condiciones de trabajo que requieren mejoras urgentes. Se destacan oportunidades para implementar programas de desarrollo y sistemas de reconocimiento que fortalezcan la cultura organizacional. Aunque la comunicación interna tiene espacio para mejoras, se reconoce una base sólida en trabajo en equipo. La asignación de responsables y fechas de implementación subraya un compromiso firme de la administración para abordar estas áreas, evidenciando un enfoque sistemático hacia la mejora continua del ambiente laboral y el rendimiento organizacional [37].

3.3.2. *Mejora del layout organizacional*

Por otro lado, se muestra el layout organizacional mejorado en la Tabla 7, en la cual presenta la sección que fue analizada, el problema que presenta y la propuesta de mejora.

Tabla 7. Explicación de los cambios en el layout organizacional.

Sección	Problema	Propuesta (Figura 20)
Oficinas	Ubicación no estratégica ya que interrumpe el trabajo.	Se mueven las oficinas junto al área de ingreso para mayor facilidad de acceso.
Estanterías	Las estanterías limitan el flujo de trabajo e interrumpen	Se reubican a los extremos del área de motores y

	el paso.	rebobinaje para optimizar el flujo de trabajo, eliminando interrupciones.
Máquina de Pruebas	Ubicación lejana y de difícil acceso.	Se reubica junto al área de mecánica de motores y rebobinaje para mejorar la accesibilidad y la eficiencia operativa.
Vestidores	Vestidores ocupan espacio necesario en otras áreas.	Se mueven junto a las oficinas en el área de mecánica industrial, aprovechando el espacio disponible y facilitando el acceso para el personal.
Área de Mecánica Industrial	Distribución ineficiente de componentes.	Todos los componentes del área de mecánica industrial se reubican para optimizar el espacio y la eficiencia del trabajo, permitiendo un mejor flujo de trabajo.
Sección de Soldadura	Ubicada en una posición que causaba desorden visual	La sección de soldadura se ubica al final de la sección para reducir molestias visuales y mejorar la seguridad.
Torno y Fresa	Dispersos, dificultando el flujo de trabajo.	El torno y la fresa se colocan juntos para mejorar la eficiencia y el flujo de trabajo, permitiendo una mejor coordinación entre ambos equipos.
Taladro Fresador	Distribución ineficiente de	El taladro fresador se ubica

componentes.

en la parte superior del área de mecánica industrial para optimizar el espacio y el acceso, facilitando su uso y mantenimiento.

Para una visualización más clara de las mejoras mencionadas en la Tabla 7 en la Figura 20 se puede observar la propuesta de layout:

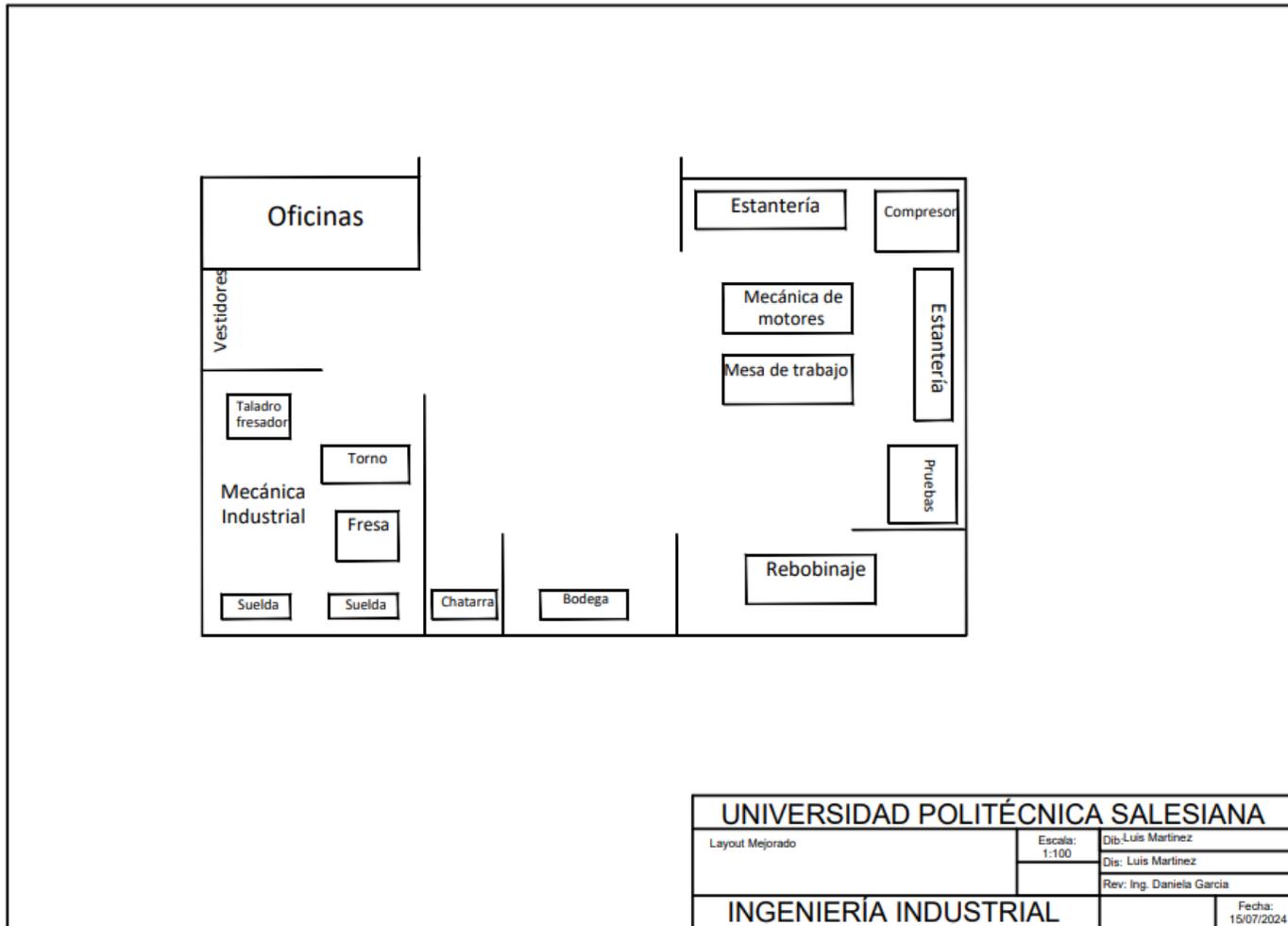


Figura 20. Layout organizacional propuesta.

3.3.3. VSM Futuro

Para establecer un objetivo más claro y un proceso con tiempos definidos para cada actividad, se propuso el VSM futuro. Esta herramienta permitió obtener mayor claridad sobre los tiempos de espera, el tiempo máximo de procesamiento y el FTQ en cada área de trabajo. Se planteó reducir los tiempos de espera en un 50% y aumentar el FTQ en un 10% en las áreas problemáticas. Además, con esta herramienta, se midieron las futuras mejoras que podrían realizarse, tal y como se visualiza en la Figura 21 (a) y (b).

Cada mejora futura en los procedimientos se explicará a continuación:

- a) **Generar orden de trabajo:** Implementar un sistema automatizado para la generación de órdenes de trabajo, reduciendo el tiempo de proceso y eliminando errores manuales.
- b) **Desmontar para evaluar las condiciones del motor:** Introducir herramientas modernas para el desmontaje del motor, mejorando la precisión y reduciendo el tiempo de espera y el tiempo total.
- c) **Generar cotización:** Buscar alternativas de automatización para generar cotizaciones más rápidamente y con mayor precisión, incrementando la calidad y reduciendo tiempos de espera.
- d) **Rebobinar motor trifásico:** Incorporar herramientas modernas para el rebobinado del motor, optimizando el proceso y asegurando una mayor consistencia y calidad.
- e) **Ensamblar motor rebobinado:** Implementar procedimientos mejorados y herramientas modernas para el ensamblaje, reduciendo tiempos de espera y mejorando la eficiencia total del proceso.
- f) **Realizar Control de calidad:** Aumentar pruebas de vibraciones y

temperatura para motores trifásicos, asegurando una mayor fiabilidad y reducción de posibles fallos en el futuro.

- g) **Realizar reparaciones en el área de mecánica industrial:** crear un equipo de trabajo especializado en el área de mecánica industrial, mejorando la eficiencia y efectividad de las reparaciones.

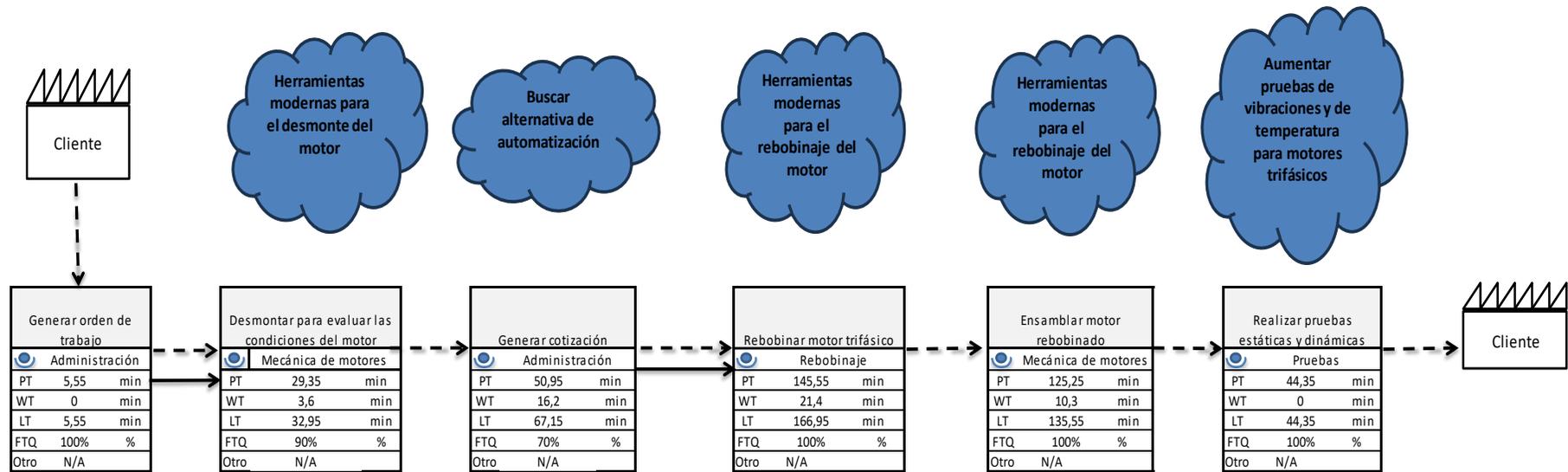


Figura 21. Descripción de la parte superior del VSM futuro Véase Figura 21 (b) para la parte inferior.

Realizar reparaciones en el área de mecánica industrial		
<input checked="" type="radio"/>	Mecánica	
PT	31,25	min
WT	2,5	min
LT	33,75	min
FTQ	100%	%
Otro	N/A	

Crear un equipo de trabajo en el área de mecánica

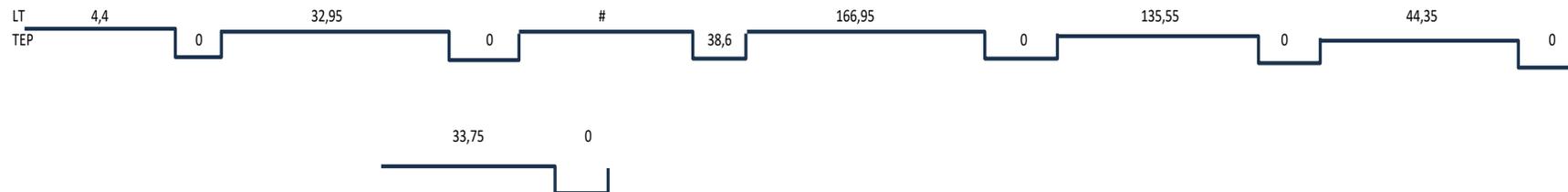


Figura 21 (b). Descripción de la parte inferior del VSM futuro.

El VSM futuro no solo proporcionó una visión detallada de los tiempos y procesos, sino que también optimizó la eficiencia operativa al reducir tiempos muertos y eliminar ineficiencias. Al identificar mejoras futuras que se encuentran encerradas en la nube de color azul, se buscara la mejora continua del proceso.

3.3.4. Propuesta de distribución de actividades

Como se visualizó anteriormente, las áreas de administración y rebobinado se encargan de varias actividades en el proceso de reparación de motores trifásicos. Para abordar esta situación, se realizó una matriz RACI, la cual permitió una correcta distribución de actividades mediante la categorización de responsable, aprobador, consultado e informado.

La matriz RACI es una herramienta de gestión ampliamente utilizada para definir y clarificar roles y responsabilidades en proyectos y procesos. La sigla RACI representa cuatro roles clave:

- a) **R (Responsable):** La persona o personas encargadas de realizar la tarea. Son responsables de completar la tarea o el proyecto.
- b) **A (Aprobador):** La persona que tiene la última palabra y es responsable de la finalización adecuada de la tarea. Solo puede haber una persona por tarea.
- c) **C (Consultado):** Personas que son consultadas y cuyas opiniones se buscan antes de tomar decisiones finales o de completar la tarea. Son expertos en el asunto.
- d) **I (Informados):** Personas que necesitan estar informadas sobre el progreso y los resultados de la tarea, pero no participan activamente en su realización.

La matriz RACI ayuda a clarificar roles y responsabilidades, evitar confusiones sobre quien está haciendo qué, mejorar la comunicación dentro del equipo, asegurar que todos los aspectos del proyecto están cubiertos por alguien. Esto facilita coordinación, incrementa la eficiencia y contribuye significativamente al éxito del proceso [35].

Objetivo	Tareas	Roles					
		Analista de compras	Contador/a	Mecánico de motores	Rebobinador	Gerente General	Cliente
Realizar la cotización de los motores trifásicos evitando el reprocesamiento y el tiempo de espera prolongado	Evaluar las condiciones iniciales del motor	I	I	R	R	I	I
	Buscar el repuesto solicitado	R	I	C	C	I	I
	Comprar repuesto requerido	R	I	A	A	I	C
	Documentar la factura del repuesto comprado	R	R	I	I	I	I
	Realizar la cotización final de motor trifásico	C	R	I	I	C	A

Responsable
Aprobador
Consultado
Informado

Figura 22. Ejemplo de una matriz RACI para la distribución de actividades en el área de administración.

Cada tarea de la Figura 22 se explica a continuación:

a) **Evaluar las condiciones iniciales del motor**

- **Analista de compras:** I (Informado) Necesita estar al tanto de las condiciones del motor para futuras decisiones de compra.
- **Contador:** I (Informado) Necesita estar informado para el seguimiento del proceso de reparación.
- **Mecánico de motores:** R (Responsable) Encargado de realizar la evaluación técnica del motor.

- **Rebobinador:** R (Responsable) Participa en la evaluación del estado del motor.
- **Gerente General:** I (Informado) Mantenerse informado sobre el estado inicial del motor para la supervisión general.
- **Cliente:** I (Informado) Debe ser informado sobre las condiciones iniciales del motor para transparencia.

b) **Buscar el repuesto solicitado**

- **Analista de compras:** R (Responsable) Responsable de encontrar y seleccionar el repuesto necesario.
- **Contador:** I (Informado) Necesita estar informado para la planificación financiera.
- **Mecánico de motores:** C (Consultado) Consultado para especificaciones técnicas del repuesto.
- **Rebobinador:** C (Consultado) Consultado para validar la idoneidad del repuesto.
- **Gerente General:** I (Informado) Debe estar informado del progreso de la búsqueda del repuesto.
- **Cliente:** I (Informado) Mantener al cliente informado del proceso para asegurar confianza.

c) **Comprar el repuesto requerido**

- **Analista de compras:** R (Responsable) Responsable de realizar la compra del repuesto.
- **Contador:** I (Informado) Necesita estar informado para registrar la transacción.
- **Mecánico de motores:** A (Aprobador) Responsable final de asegurar que el repuesto comprado sea el correcto.
- **Rebobinador:** A (Aprobador) responsable final de asegurar la idoneidad técnica del repuesto.
- **Gerente General:** I (Informado) Informado del progreso de la compra.

- **Cliente:** C (Consultado) Consultado para confirmación final del pedido si es necesario.

d) **Documentar la factura del repuesto comprado**

- **Analista de compras:** R (Responsable) Responsable de asegurarse de que la factura esté en orden.
- **Contador:** R (Responsable) Responsable de documentar y archivar la factura.
- **Mecánico de motores:** I (Informado) Informado para confirmar la recepción del repuesto correcto.
- **Rebobinador:** I (Informado) Informado sobre la adquisición del repuesto.
- **Gerente General:** I (Informado) Informado sobre la documentación para la supervisión.
- **Cliente:** I (Informado) Mantener informado para transparencia en el proceso.

e) **Realizar la cotización final del motor trifásico**

- **Analista de compras:** C (Consultado) Consultado para verificar el costo del repuesto en la cotización.
- **Contador:** R (Responsable) - Responsable de crear y verificar la cotización final.
- **Mecánico de motores:** I (Informado) Informado sobre la cotización para planificar el trabajo.
- **Rebobinador:** I (Informado) Informado sobre la cotización final.
- **Gerente General:** C (Consultado) Consultado para aprobación final de la cotización.
- **Cliente:** A (Aprobador) Debe aprobar la cotización final para proceder con la reparación.

También se realizó un ejemplo en el área de rebobinaje como se observa en la Figura 23:

Objetivo	Tareas	Mecánico de motores	Rebobinador	Gerente General
Realizar la rebobinado de los motores trifásicos evitando el tiempo de espera prolongado	Quitar cableado quemado del motor	R	R	I
	Medir y calcular el tipo de cable a utilizar	I	R	A
	Realizar la bobina en la rebobinadora	I	R	I
	Cortar papel aislante	I	R	I
	Ubicar las bobinas en las rejillas de metal con el papel aislante	I	R	I
	Amarrar cada bobina con la respectiva conexión que se necesita	I	R	I
	Medir con el multímetro la resistencia y comparar con la placa del motor	I	R	A
	Aplicar barniz al cableado de las bobinas	I	R	I

Responsable
Aprobador
Consultado
Informado

Figura 23. Ejemplo de una matriz RACI para la distribución de actividades en el área de rebobinaje.

Cada actividad de la Figura 23 se explica a continuación:

a) Quitar cableado quemado del motor

- Mecánico de motores: R (Responsable) - Responsable de quitar el cableado quemado del motor.

- Rebobinador: I (Informado) - Informado sobre el estado del motor una vez que el cableado quemado ha sido retirado.
- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre el progreso de la tarea.

b) Medir y calcular el tipo de cable a utilizar

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre el tipo de cable que se va a utilizar.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de medir y calcular el tipo de cable adecuado.
- Gerente General: A (Aprobador) - Aprobador de la elección del cable.

c) Realizar la bobina en la rebobinadora

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre la realización de la bobina.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de realizar la bobina en la rebobinadora.
- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre la realización de la bobina.

d) Cortar papel aislante

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre el corte del papel aislante.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de cortar el papel aislante.
- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre el progreso de la tarea.

e) Ubicar las bobinas en las rejillas de metal con el papel aislante

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre la ubicación de las bobinas.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de ubicar las bobinas en las rejillas de metal con el papel aislante.

- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre el progreso de la tarea.

f) Amarrar cada bobina con la respectiva conexión que se necesita

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre el amarre de las bobinas.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de amarrar cada bobina con su respectiva conexión.
- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre el progreso de la tarea.

g) Medir con el multímetro la resistencia y comparar con la placa del motor

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre las mediciones de resistencia.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de medir la resistencia con el multímetro.
- Gerente General: A (Aprobador) - Aprobador de los resultados de la medición.

h) Aplicar barniz al cableado de las bobinas

- Mecánico de motores: I (Informado) - Informado sobre la aplicación del barniz.
- Rebobinador: R (Responsable) - Responsable de aplicar barniz al cableado de las bobinas.
- Gerente General: I (Informado) - Informado sobre el progreso de la tarea.

3.4. Fase controlar

La fase controlar se enfoca en establecer medidas para garantizar la sostenibilidad de las mejoras propuestas en el proceso. Se documentan los procedimientos, implementan controles y sistemas de monitoreo. Además, se sugiere establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar continuamente el impacto de las mejoras y desarrollar planes para asegurar la efectividad continua de las mejoras propuestas y garantizar que el proceso que ha sido mejorado siga brindando resultados óptimos a lo largo del tiempo [3].

3.4.1. Diagrama de control

Al ser una propuesta de mejora se propuso un diagrama de control que nos permita evaluar los indicadores principales que son el tiempo de espera, el tiempo de procesamiento y el FTQ como se observa en la Figura 24. Esta medición se la deberá realizar después de la implementación a los 30, 60 y 90 días, este tiempo estimado permitirá evaluar de mejor manera cada área de trabajo y así aplicar acciones correctivas verificando su efectividad con relación al historial pasado [37].

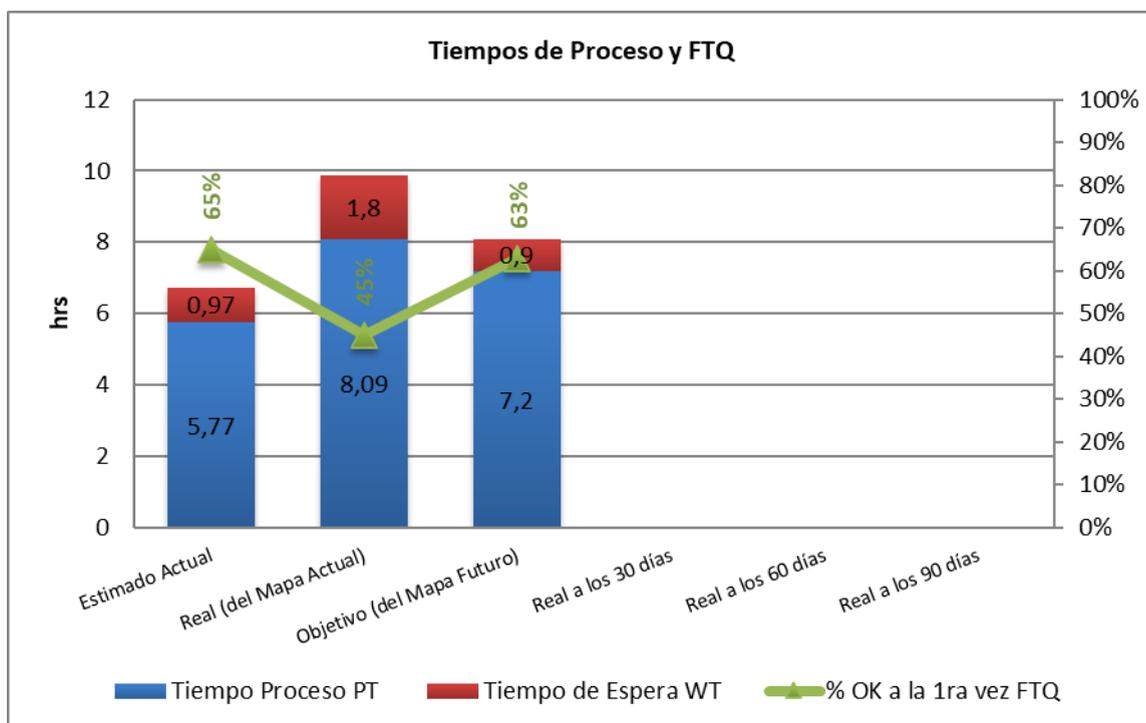


Figura 24. Diagrama de control propuesto.

El objetivo del control será mantener lo propuesto en el objetivo del mapa futuro en caso de que se exista alguna varianza negativa en cada área se plantee un formato de contramedidas que permitirá buscar una nueva alternativa de mejora para la respectiva área.

Una matriz de contramedidas es una herramienta utilizada en la mejora continua y la resolución de problemas dentro de una organización. Su propósito principal es identificar y priorizar las acciones correctivas o preventivas necesarias para abordar las causas raíz de un problema específico. Esta matriz organiza las contramedidas de acuerdo a su impacto potencial, costo, factibilidad y otros criterios relevantes, permitiendo a los equipos de mejora tomar decisiones informadas sobre qué acciones implementar como se puede observar en la Figura 25.

Contramedidas al plan de acción

Tema:

Sponsor:

Dueño del Proceso:

Facilitadores:

No.	Objetivo / Actividad Original	Resultado actual	Problema	Causa raíz	Contramedida / Acción futura	Resp	Fecha	Estatus

Figura 25.Matriz de contramedidas.

Esta matriz consta de las siguientes partes que se explicaran a continuación:

- a) **Tema:** Es el problema o situación específica que está siendo evaluada o para la cual se están identificando contramedidas.
- b) **Sponsor:** Es la persona o entidad responsable de patrocinar y respaldar la implementación de las contramedidas. Esta persona generalmente tiene autoridad y recursos para asegurar que las acciones necesarias se lleven a cabo.
- c) **Dueño del Proceso:** Es la persona que tiene responsabilidad directa sobre el proceso o área donde ocurre el problema. Esta persona es clave para implementar y mantener las contramedidas efectivas.
- d) **Facilitadores:** Son personas o equipos que apoyan en la implementación de las contramedidas proporcionando recursos, conocimientos técnicos o facilitando el proceso de mejora continua.
- e) **Objetivo/Actividad Original:** Describe el objetivo original o la actividad que debería haberse llevado a cabo sin problemas. Esto proporciona contexto sobre lo que se esperaba antes de que surgiera el problema.
- f) **Resultado Actual:** Es el estado actual del problema o situación después de que ocurrió el problema. Puede ser una descripción de cómo afecta actualmente el rendimiento o la operación.
- g) **Problema:** Describe el problema específico que ha surgido y que necesita ser abordado mediante contramedidas.
- h) **Causa Raíz:** Es la causa subyacente o principal del problema identificado. Identificar la causa raíz es crucial para asegurar que las contramedidas sean efectivas y no solo traten los síntomas.

- i) **Contramedidas/Acción Futura:** Son las acciones específicas que se planifican e implementan para contrarrestar el problema identificado y prevenir su recurrencia en el futuro.
- j) **Responsable:** Persona o equipo designado para llevar a cabo las contramedidas y asegurar que se implementen según lo programado.
- k) **Fecha:** Fecha programada para la implementación de las contramedidas o acciones correctivas.
- l) **Estatus:** Estado actual de las contramedidas, indicando si están planeadas, en progreso, completadas o cualquier otro estado relevante.

En la Figura 26 se presenta un ejemplo desarrollado de una matriz de competencias, donde la principal inconformidad es el tiempo de espera, el cual no se ha reducido según lo planeado. Para abordar esta situación, se proponen futuras acciones para mejorar la supervisión de los empleados y establecer una comunicación alternativa entre ellos.

VSM
Contramedidas al plan de acción

Tema:	Proceso de reparación de motores trifásicos							
Sponsor:	Gerente Zambrano P							
Dueño del Proceso:	Administración							
Facilitadores:	Jacome E Martinez L							

No.	Objetivo / Actividad Original	Resultado actual	Problema	Causa raíz	Contramedida / Acción futura	Resp	Fecha	Estatus
1	Menorar el tiempo de espera en el area de rebobinaje	No se tiene la reducción esperada	Tiempo de espera prlongado	No se tiene una buena acogida las nuevas inicitavias por parte del equipo de trabajo	Buscar nuevas alternativas de comunicación y supervisión para reducción del tiempo	Administración	31/12/2024	

Figura 26.Ejemplo de una matriz de contramedidas.

La matriz revela que, a pesar del objetivo de mejorar el tiempo de espera en el rebobinado, la falta de aceptación a nuevas iniciativas del equipo es el principal obstáculo. Se propone mejorar la comunicación y la supervisión como contramedida. La implementación está programada para finales de 2024, buscando así avanzar en la mejora del proceso de reparación de motores trifásicos.

Conclusiones

- La evaluación del proceso de reparación de motores trifásico mediante herramientas de diagnóstico como medición de tiempo en procesos, matriz de alcance, layout empresarial, mapa de procesos, flujograma del proceso (BPMN), diagrama SIPOC, VSM actual, indicador FTQ, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, y cálculo de priorización presentaron una serie de resultados que demuestran insatisfacciones en el clima laboral e ineficiencias que generaban retrasos en la entrega de motores a clientes con brechas significativas en el tiempo de espera (0.83% superior a lo previsto) que afectaban negativamente la productividad y el ambiente de trabajo. Pero a su vez ayudaron a identificar las oportunidades de mejora necesarias para esta propuesta.
- El procedimiento de estandarización de procesos basados en el ciclo DMAIC mostró que una vez determinados los tiempos de espera en cada sección era necesario identificar las áreas con mayor problemática, las mismas que mediante un diagrama de Pareto fueron administración y rebobinado. Posteriormente se identificó los puntos críticos que requieren mejoras inmediatas mediante un diagrama de Ishikawa para cada área. Este enfoque permitió priorizar acciones para reducir los tiempos de espera en el proceso de reparación de motores trifásicos los cuales ayudaran a reducir costos, mejorar la eficiencia, aumentar la satisfacción del cliente y fortalecer el clima laboral, contribuyendo al crecimiento y éxito sostenido de la organización.
- Se propone una estrategia para optimizar el proceso de reparación de motores trifásicos, la cual incluye varias medidas clave. En primer lugar, se busca la estandarización de tiempos, reduciendo el tiempo de espera un 50% mediante la implementación del VSM futuro para establecer parámetros de tiempo en cada procedimiento. En segundo lugar, la mejora del layout para fomentar la ergonomía y la productividad, permitiendo así la reducción del desperdicio de tiempo. Además, la optimización del flujo de trabajo se logrará eliminando desperdicios, como el sobre procesamiento de actividades, mediante la implementación de la matriz RACI. Por último, la mejora del clima laboral se abordará mediante la evaluación del ambiente de trabajo y las competencias del personal, identificando áreas de oportunidad para

mejorar la comunicación, la resolución de conflictos y la motivación del equipo. Para ello, se propone implementar una matriz de evaluación del clima laboral y una matriz de competencias junto a un plan de capacitación enfocado en el desarrollo de competencias blandas las cuales en el caso de que exista alguna varianza negativa se utilizará una matriz de contramedidas. Todo lo antes mencionado ayudará a mantener y mejorar la eficiencia de la empresa.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar la propuesta de mejora en un máximo de 30 días para poder obtener una medición de datos precisa con las gráficas de control propuestas en el proyecto.
- Realizar la recolección de datos durante un mes dentro de la empresa para identificar nuevas oportunidades de mejora y obtener una visión más real del tiempo que toma cada actividad del operario.
- Monitorear y evaluar los resultados de las implementaciones para realizar ajustes y mejoras futuras.
- Fomentar una cultura de mejora continua en la empresa, involucrando a todos los colaboradores en la identificación y solución de problemas.
- Involucrar a todas las partes interesadas en el proyecto desde su inicio para asegurar su compromiso y apoyo.
- Utilizar herramientas informáticas para facilitar la gestión del proyecto y el análisis de datos.
- Considerar la aplicación de otras metodologías de mejora continua, como Lean Six Sigma o Kaizen, en conjunto con el ciclo DMAIC.

Referencias

- [1] V. Tripathi *et al.*, “A Sustainable Productive Method for Enhancing Operational Excellence in Shop Floor Management for Industry 4.0 Using Hybrid Integration of Lean and Smart Manufacturing: An Ingenious Case Study,” *Sustain.*, vol. 14, no. 12, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14127452.
- [2] L. M. A. Rosa, L. T. B. de Oliveira, R. M. Franco, T. B. da Silva, and W. L. M. Braga, “Resolução de problemas usando a metodologia DMAIC,” *Rev. Produção Online*, vol. 22, no. 3, 2023, doi: 10.14488/1676-1901.v22i3.4185.
- [3] J. Nogueira, S. M. Alvarenga, and A. C. Constante Costa, “Metodologia DMAIC,” *Cad. Gestão e Empreendedorismo*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.32888/cge.v11i2.57975.
- [4] S. Y. Chacón Chávez, “Aplicación de la metodología DMAIC a un proceso de contratación-Edición Única,” *Explor. intercambios y Relac. entre el diseño y la Tecnol.*, pp. 57–79, 2007, [Online]. Available: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/567726>
- [5] A. M. and E. A. Haile G, “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LA EMPRESA IMM LTDA ÁREA DE VENTAS,” *Univ. Libr. Fac. Ing.*, vol. 4, no. 1, pp. 88–100, 2023.
- [6] J. Valenzuela, “Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y tipo de aplicaciones en la industria,” *Esc. Politécnica Nac.*, vol. 0, no. 0, p. 23, 2013, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6069/1/CD-4796.pdf>
- [7] A. L. Farina, “Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento,” *Rev. Ing. Eléctrica*, p. 5, 2018.
- [8] A. L. Farina, “Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento,” *Rev. Ing. Eléctrica*, 2018.
- [9] M. González, V. Cid de León, M. Espinoza, G. Gracida, and E. Baruc, “Mejora Continua en una empresa en México,” *Rev. Venez. Gerenc. RVG*, vol. 25, no. 92, pp. 1863–1883, 2020, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/290/29065286036/29065286036.pdf>
- [10] Pisconte Mirtha Beatriz, “Liderazgo y planeamiento estrategico y su influencia en la mejora continua en su empresa de servicios,” *Univ. Nac. Mayor Sn Marcos*, vol. 1, pp. 2–199, 2015.
- [11] G. R. Viteri-Quishpi, A. J. Romero-Fernández, and C. Mendieta-Larreategui, “Modelo de gestión por procesos y mejora continua,” *Cienciamatria*, vol. 8, no. 3, pp. 1131–1152, 2022, doi: 10.35381/cm.v8i3.831.
- [12] J. Huang, M. Irfan, S. S. Fatima, and R. M. Shahid, “The role of lean six sigma in driving sustainable manufacturing practices: an analysis of the relationship between lean six sigma principles, data-driven decision making, and environmental performance,” *Front. Environ. Sci.*, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1184488.
- [13] J. Chicaiza, “Aplicación del ciclo DMAICde Lean Six Sigma para la mejora de los procesos de reparación y repinte en el área de colisiones de una empresa automotriz de la ciudad de Quito,” no. 689, pp. 1–114, 2022, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22609/1/MSQ352.pdf>
- [14] A. P. Da Silva Leão, B. R. A. Gomes, J. C. S. Cruz, V. V. Da Silva, C. da C. Sena, and F. A. V. Oliveira Júnior, “POWER BI PARA TOMADA DE DECISÕES ESTRATÉGICAS: ANÁLISE DE INDICADORES-CHAVE DE DESEMPENHO (KPIS),” *Rev. FOCO*, vol. 16, no. 7, 2023, doi: 10.54751/revistafoco.v16n7-084.

- [15] F. Mu, “¿ Qué es un proceso ? Procesos,” *Ing. Ind. Online*, 2016.
- [16] S. Enriquez, “Tipos de procesos productivos.,” *Wordpress*, pp. 1–4, 2010, [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=kD8fgkq1zd4&t=523s>
- [17] A. Batwara, V. Sharma, M. Makkar, and A. Giallanza, “Towards smart sustainable development through value stream mapping – a systematic literature review,” *Heliyon*, vol. 9, no. 5. Elsevier Ltd, May 01, 2023. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15852.
- [18] M. Salwin, I. Jacyna-Gołda, M. Bańka, D. Varanchuk, and A. Gavina, “Using value stream mapping to eliminate waste: A case study of a steel pipe manufacturer,” *Energies*, vol. 14, no. 12, 2021, doi: 10.3390/en14123527.
- [19] J. A. Marin-Garcia, P. I. Vidal-Carreras, and J. J. Garcia-Sabater, “The role of value stream mapping in healthcare services: A scoping review,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 3. 2021. doi: 10.3390/ijerph18030951.
- [20] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera, and A. Crespo, “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 21, no. 1, pp. 125–138, Apr. 2013, doi: 10.4067/s0718-33052013000100011.
- [21] G. R. Henríquez-Fuentes, D. A. Cardona, J. A. Rada-Llanos, and N. R. Robles, “Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución bajo un Estudio de Métodos y Tiempos,” *Inf. tecnológica*, vol. 29, no. 6, pp. 277–286, Dec. 2018, doi: 10.4067/s0718-07642018000600277.
- [22] J. Armenta, C. Carmona, J. Del Galego Tejada, J. Garcia, J. Marriaga, and J. Tejada, “Improvement in the time of attention of commercial requirements through process automation. A Literature Review,” vol. 4, no. 2, pp. 1–11, 2022.
- [23] E. Ruiz-Bedolla, B. López Martínez, and I. Dionisio-Abraján, “Evaluación del tiempo de protrombina y tiempo de tromboplastina parcial en sangre total,” *Rev Mex Patol Clin*, vol. 54, no. 3, pp. 136–143, 2007.
- [24] I. Maya Jariego, “Using stakeholder network analysis to enhance the impact of participation in water governance,” *Humanit. Soc. Sci. Commun.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.1057/s41599-024-02958-x.
- [25] P. C. Manyoma Velásquez and R. A. Klinger Angarita, “El uso del muestreo estadístico en la medición del trabajo,” *Sci. Tech.*, vol. 12, no. 32, pp. 363–368, 2006, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652064>
- [26] Indra Setiawan, O. S. P. Tumanggor, and H. Hardi Purba, “Value Stream Mapping: Literature Review and Implications for Service Industry,” *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 23, no. 2, pp. 155–166, Jul. 2021, doi: 10.32734/jsti.v23i2.6038.
- [27] Caeleigh MacNeil, “¿Qué es un diagrama SIPOC? 7 pasos para trazar y comprender los procesos de negocios,” *Asana*, 2022.
- [28] H. Zhang, L. Fan, M. Chen, and C. Qiu, “The Impact of SIPOC on Process Reengineering and Sustainability of Enterprise Procurement Management in E-Commerce Environments Using Deep Learning,” *J. Organ. End User Comput.*, vol. 34, no. 8, 2022, doi: 10.4018/joeuc.306270.
- [29] C. Orozco-Irola and F. Badilla-Murillo, “Análisis del proceso de empaque de banano para el aprovechamiento del recurso hídrico mediante la simulación de eventos discretos,” *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 35, pp. 175–187, 2022, doi: 10.18845/tm.v35i4.5763.
- [30] M. Chinosi and A. Trombetta, “BPMN: An introduction to the standard,” *Comput. Stand.*

- Interfaces*, vol. 34, no. 1, pp. 124–134, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.csi.2011.06.002.
- [31] D. Rodríguez-Altamirano, J. C. Higinio-Meléndez, and D. C. Ovalle-Paulino, “Modelo de proceso de selección de personal utilizando las técnicas de Reclutamiento 4.0 y Plataformas Digitales en tiempos de COVID 19,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, vol. 2021-July, p. 18687, 2021, doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.90.
- [32] Delgado B, “EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA,” *Univ. las Fuerzas Armadas*, no. 84, 2021.
- [33] Minitab, “Elementos básicos de un diagrama de Pareto,” *Minitab 18*, vol. 0, no. 0, 2018.
- [34] J. De Mast and J. Lokkerbol, “An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 139, no. 2, pp. 604–614, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.05.035.
- [35] OBS Business School, “¿Cuál es la función principal de la Matriz Raci?,” Universitat de Barcelona.
- [36] S. de S. V. Costa, F. R. G. Ximenes Neto, E. N. Oliveira, and I. C. K. O. Cunha, “ELABORAÇÃO DE INSTRUMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA MATRIZ DE COMPETÊNCIAS PARA ENFERMEIROS DA ESTRATÉGIA SAÚDE DA FAMÍLIA,” *Arq. Ciências da Saúde da UNIPAR*, vol. 27, no. 2, 2023, doi: 10.25110/arqsaude.v27i2.2023-027.
- [37] J. Morales, “Elaboración de las descripciones de puestos basadas en competencias laborales del departamento Regulatorios.,” *Guatemala*, 2010.

Anexos

Anexo 1

Procesos	Tiempo Estimado		
Generación de la orden de trabajo	Orden de trabajo		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	2	0
	Motor2	2	0
	Motor3	3	0
	Motor4	2	0
	Motor5	2	0
	Promedio	2,2	0
Desmontaje y evaluación	Mecánica de motores (Desmontaje)		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	20	5
	Motor2	30	3
	Motor3	25	6
	Motor4	25	3
	Motor5	20	4
	Promedio	24	4,2
Cotización	Cotización		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	30	4
	Motor2	32	6
	Motor3	30	5
	Motor4	30	4
	Motor5	28	4
	Promedio	30	4,6

Mecánica Industrial	Mecánica Industrial (Ejes y rotores)		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	66	5
	Motor2	60	9
	Motor3	65	7
	Motor4	63	9
	Motor5	70	9
	Promedio	64,8	7,8
	Rebobinado	Rebobinado	
Motores		TP (min)	TE (min)
Motor1		120	20
Motor2		115	20
Motor3		90	13
Motor4		125	22
Motor5		120	20
Promedio		114	19
Montaje del motor		Mecánica de motores (ensamble del motor)	
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	60	15
	Motor2	65	12
	Motor3	60	15
	Motor4	55	15
	Motor5	60	13
	Promedio	60	14
	Control de calidad	Control de calidad	
Motores		TP (min)	TE (min)
Motor1		50	10
Motor2		52	7

	Motor3	50	9
	Motor4	55	7
	Motor5	49	10
	Promedio	51,2	8,6
Total, (TP y TE)	TP TOTAL	347,8	
	TE TOTAL	58	

Procesos	Tiempo Real		
Generación de la orden de trabajo	Orden de trabajo		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	5	0
	Motor2	3	0
	Motor3	5	0
	Motor4	4	0
	Motor5	5	0
	Promedio	4,4	0
Desmontaje y evaluación	Mecánica de motores (Desmontaje)		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	28	4
	Motor2	25	5
	Motor3	35	9
	Motor4	40	10
	Motor5	29	8
	Promedio	31,4	7,2
Cotización	Cotización		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	55	35
	Motor2	75	40
	Motor3	60	30

	Motor5	75	25
	Promedio	66	32,4
Mecánica Industrial	Mecánica Industrial (Ejes y rotores)		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	27	4
	Motor2	28	4
	Motor3	38	6
	Motor4	40	6
	Motor5	30	5
	Promedio	32,6	5
Rebobinado	Rebobinado		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	171	45
	Motor2	156	49
	Motor3	172	45
	Motor4	175	45
	Motor5	155	30
	Promedio	165,8	42,8
Montaje del motor	Mecánica de motores (ensamble del motor)		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	162,00	18,00
	Motor2	90,00	15,00
	Motor3	150,00	25,00
	Motor4	165,00	28,00
	Motor5	105,00	17,00
	Promedio	134,4	20,6
Control de calidad	Control de calidad		
	Motores	TP (min)	TE (min)
	Motor1	56	0

	Motor2	30	0
	Motor3	45	0
	Motor4	50	0
	Motor5	35	0
	Promedio	43,2	0
Total, TP y TE	TP TOTAL	477,8	
	TE TOTAL	108,0	

Anexo 2



Anexo 3

Modelo	Potencia	Velocidad	Voltaje	Frecuencia	Eficiencia	Tipo de protección
ABB M2BA090S-4	1.5 kW	1500 RPM	400 V	50 Hz	IE2	IP55
Siemens 1LE1501- 1DB23-4AA4	2.2 kW	1500 RPM	400 V	50 Hz	IE3	IP55
WEG W21 132S/M-4P	3 kW	1500 RPM	400 V	50 Hz	IE2	IP55
TECO- Westinghouse MAX-E2/IE2 132M-4	4 kW	1500 RPM	400 V	50 Hz	IE2	IP55
Leroy-Somer LS90S-4	5.5 kW	1500 RPM	400 V	50 Hz	IE3	IP55