

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA  
EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA  
FLOTILLA VEHICULAR DE LA EMPRESA  
GRUPO AGROINDUSTRIAL ECOTERRA S.A.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Estudiante:**

Héctor Luis Altamirano Barrera

**Profesor:**

Carlos Chavarría Hidalgo

**Lugar y año,**

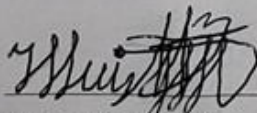
Heredia, 2023

# I. ACTA DE APROBACIÓN

## DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Héctor Luis Altamirano Barrera, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-0820-0616 egresado de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTILLA VEHICULAR DE LA EMPRESA GRUPO AGROINDUSTRIAL ECOTERRA S.A, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 6 días del mes de abril del año dos mil veinticuatro.



Firma del estudiante

Cédula 2-0820-0616

## CARTA DEL TUTOR

San José, 15 de enero de 2024

**Destinatario**  
**Carrera**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Héctor Luis Altamirano Barrera, cédula de identidad número 2 0820 0616, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTILLA VEHICULAR DE LA EMPRESA GRUPO AGROINDUSTRIAL ECOTERRA S.A**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	13%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		93%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

**Carlos Chavarría**  
Digitally signed by Carlos Chavarría  
 Date: 2024.01.15 07:29:37 -06'00'  
**Nombre: Carlos Chavarría Hidalgo**  
**Cédula identidad N: 1-0754-0062**

## CARTA DE LECTOR

San José, 02 de marzo del 2024

Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante Héctor Luis Altamirano Barrera, cédula de identidad No. 2-0820-0616, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado “Implementación de un plan de mejora en el proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.”, el cual ha elaborado para obtener su grado de licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte. ROBERTO  
SANCHEZ

Firma MORALES (FIRMA)

Nombre: Roberto Sánchez Morales  
Cédula: 900810622

Firmado digitalmente por  
ROBERTO SANCHEZ  
MORALES (FIRMA)  
Fecha: 2024.03.02 08:53:09  
-06'00'

## CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 6 de abril del 2024

Señores:

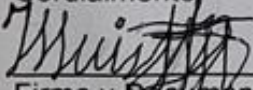
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Héctor Luis Altamirano Barrera con número de identificación 2-0820-0616 autor (a) del trabajo de graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTILLA VEHICULAR DE LA EMPRESA GRUPO AGROINDUSTRIAL ECOTERRA S.A presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



Firma y Documento de Identidad

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis queridos padres, quienes han sido una fuente inagotable de inspiración y apoyo a lo largo de mi vida académica. Su sacrificio, amor inquebrantable y alienación continua han sido las bases sobre las cuales he construido mis logros.

Dedico cada página de esta tesis a ustedes, mamá y papá, como expresión de mi profundo agradecimiento por su inquebrantable dedicación, confianza en mí y apoyo a mis sueños.

Este logro no sería posible sin su constante orientación y aliento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por ser una fuente continua de fortaleza y guía a lo largo de este difícil pero gratificante viaje académico. Tu luz ha iluminado mi camino y me ha dado la fuerza para superar los desafíos; su gracia infinita gracia me ha sostenido y me ha recordado que no estoy solo, ni siquiera en los momentos más difíciles.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Chavarría Hidalgo, mi respetado tutor, cuya sabiduría, paciencia y orientación fueron cruciales para la realización de esta tesis. Además, su dedicación y compromiso con mi crecimiento académico se demuestra no sólo en los aprendizajes aprendidos, sino también en su confianza en mí para llevar a cabo este proyecto; gracias por compartir sus conocimientos y por ser un mentor excepcional.

## II. TABLA DE CONTENIDO

### CONTENIDO

<b>I. ACTA DE APROBACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>II. TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>8</b>
<b>III. ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>12</b>
<b>IV. ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>13</b>
<b>III. ACRÓNIMO DE SIGLAS.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN EN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1 Descripción general de la organización .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2 Misión .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.3 Visión .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.4 Estructuras organizativas .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.5 Área donde se desarrolle el estudio .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.6 Número de empleados .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.7 Tipo de puestos por departamentos .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.8 Tipos de servicios que genera la organización.....</b>	<b>27</b>
<b>1.2.9 Antecedentes del contexto de la empresa: .....</b>	<b>28</b>
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>29</b>
<b>1.3.1 Definición y Medición del Problema:.....</b>	<b>29</b>
<b>1.3.2 Justificación del Proyecto:.....</b>	<b>30</b>
<b>1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>31</b>
<b>1.4.1 Objetivo General:.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos:.....</b>	<b>31</b>
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>1.5.1 Alcances .....</b>	<b>32</b>
<b>1.5.2 Limitaciones .....</b>	<b>32</b>

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.1 Ingeniería .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.2 Ingeniería industrial .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.3 Gestión Operaciones .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.4 Optimización de recursos .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.5 Eficiencia Operativa .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.6 Logística .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.7 Gestión de Proyectos .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.8 Análisis de Valor .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.9 Gestión del mantenimiento .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.1 Etapas de la Metodología DMAIC .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2 Diagrama de Gantt .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3 Diagrama de bloques de procesos .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.4 Diagrama SIPOC .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.5 Diagrama Ishikawa .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.6 5 Porqués .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.7 Diagrama de Pareto .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.8 Multivoto .....</b>	<b>49</b>
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.1 Costos de Mantenimiento .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.2 Vida útil de los activos .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.3 Confiabilidad .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.4 Eficiencia y productividad .....</b>	<b>50</b>
<b>2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>54</b>
Tabla 1. Metodología para la definición del problema .....	54
<b>3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>60</b>

<b>3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS</b> .....	62
<b>CAPÍTULO IV: ANALISIS CAUSA RAÍZ</b> .....	66
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO</b> .....	67
<b>4.1.1 Organización y funcionamiento del proceso</b> .....	67
<b>4.1.2 Factores del proceso</b> .....	69
<b>4.2 EVALUACIÓN ACTUAL DE LOS KPI'S DE MANTENIMIENTO</b> .....	71
<b>4.2.1 Costos de mantenimiento</b> .....	71
<b>4.3 ANALISIS DE LOS DATOS</b> .....	74
<b>4.3.1 Análisis de fallas en la flota vehicular</b> .....	74
<b>4.3.2 Clasificación de fallas</b> .....	77
<b>4.3.3 Evaluación técnica de las fallas</b> .....	79
<b>4.4 ANÁLISIS DE CAUSAS</b> .....	81
<b>4.4.1 Causas potenciales</b> .....	81
<b>4.4.2 Priorización de causas por multivoto</b> .....	82
<b>4.5.5 Causa raíz</b> .....	89
<b>4.6 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	93
<b>4.6.1 Hallazgos</b> .....	93
<b>CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	95
<b>5.1 PROPUESTAS DE MEJORA</b> .....	96
<b>5.1.1 Diseño de las propuestas</b> .....	96
<b>5.1.2 Propuesta 1: planes de mantenimiento</b> .....	98
<b>5.1.3 KPI'S de mantenimiento</b> .....	116
<b>5.1.4 Resumen de cuadro comparativo</b> .....	120
<b>5.2 ANALISIS COSTO BENEFICIO</b> .....	122
<b>5.2.1 Propuesta financiera</b> .....	122
<b>5.3 CONTROL DE LAS PROPUESTAS</b> .....	125
<b>5.3.1 Reportes y procedimientos de datos operativos</b> .....	125
<b>5.3.2 Umbrales KPI'S de mantenimientos</b> .....	131
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	134
<b>6.1 CONCLUSIONES</b> .....	135
<b>6.1 RECOMENDACIONES</b> .....	140
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	143

<b>VIII.</b>	<b>APÉNDICE(S)</b> .....	148
	<b>Apéndice 1: Bitácora de mantenimiento del I cuatrimestre 2023.</b> .....	148
	<b>Apéndice 2: Bitácora de mantenimiento del II cuatrimestre 2023.</b> .....	159
	<b>Apéndice 3: Formulario de reporte semanal con la clasificación en sus observaciones, para asegurar el control del plan de mantenimiento.</b> .....	168
<b>IX.</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	173
<b>X.</b>	<b>ANEXO(S)</b> .....	174
	<b>Anexo 1: Evidencias de la inspección de mantenimientos correctivos.</b> .....	174
	<b>Anexo 2: Evidencias de la inspección de asistencia mecánica por averías.</b> .....	175
	<b>Anexo 3: Evidencias de la inspección de mantenimientos preventivos.</b> .....	176
	<b>Anexo 4: Evidencias de la compra de repuestos y accesorios para realizar mantenimientos preventivos de acuerdo a los planes de mantenimiento implementados.</b> .....	177

### III. ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra. ....	20
<b>Figura 2.</b> Servicios que brinda la empresa. ....	21
<b>Figura 3.</b> Estructura Organizativa gerencial de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra. ....	23
<b>Figura 4.</b> Organigrama del departamento contable, comercial y ventas. ....	24
<b>Figura 5.</b> Organigrama del departamento de operaciones. ....	25
<b>Figura 6.</b> Organigrama del departamento de recursos humanos. ....	25
<b>Figura 7.</b> Metodología DMAIC. ....	40
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de diagrama de Gantt. ....	43
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de diagrama de bloque de procesos aplicado en documentación. ....	44
<b>Figura 10.</b> Ejemplo de diagrama SIPOC. ....	45
<b>Figura 11.</b> Ejemplo de diagrama de Ishikawa aplicado en un proceso de producción. ....	46
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de técnica 5 porqués. ....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de diagrama Pareto. ....	48
<b>Figura 14.</b> Ejemplo de técnica multivoto. ....	49
<b>Figura 15.</b> Diagrama de bloques del proceso de mantenimiento. ....	67
<b>Figura 16.</b> Diagrama SIPOC del proceso de mantenimiento. ....	69
<b>Figura 17.</b> Diagrama Pareto de fallas destacadas. ....	76
<b>Figura 18.</b> Diagrama Ishikawa de inconformidades en el mantenimiento. ....	81
<b>Figura 19.</b> Diagrama Pareto de las causas. ....	88
<b>Figura 20.</b> 5 porqués de la causa falta de procedimientos de mantenimiento adecuados. ....	89
<b>Figura 21.</b> 5 porqués de la causa sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento. ....	90
<b>Figura 22.</b> 5 porqués de la causa falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos. ..	91
<b>Figura 23.</b> 5 porqués de la causa falta de mantenimiento regular de vehículos. ....	92
<b>Figura 24.</b> Diagrama de Gantt de las propuestas. ....	98
<b>Figura 25.</b> Formulario de entrega y recibido de vehículo. ....	127

## IV. ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Metodología para la definición del problema. ....	54
<b>Tabla 2.</b> Metodologías para la medición y respaldo del proyecto. ....	56
<b>Tabla 3.</b> Metodología para la propuesta de mejora. ....	58
<b>Tabla 4.</b> Metodología para la propuesta de mejora. ....	60
<b>Tabla 5.</b> Metodología para el control y seguimiento de resultados de la mejora. ....	63
<b>Tabla 6.</b> Reporte de costos de mantenimiento del I cuatrimestre 2023. ....	72
<b>Tabla 7.</b> Reporte de costos de cantidad de mantenimiento del I cuatrimestre 2023. ....	72
<b>Tabla 8.</b> Reporte de tiempos de funcionamiento e inactividad del I cuatrimestre 2023. ....	74
<b>Tabla 9.</b> Frecuencia de fallas destacadas en la flota vehicular. ....	75
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de fallas destacadas en la flota vehicular. ....	78
<b>Tabla 11.</b> Síntomas, correcciones y evaluación de costos de las fallas destacadas. ....	79
<b>Tabla 12.</b> Multivoto de causas de ineficiencias en el mantenimiento. ....	83
<b>Tabla 13.</b> Análisis de datos del multivoto. ....	86
<b>Tabla 14.</b> Impacto de las propuestas. ....	96
<b>Tabla 15.</b> Planes de mantenimiento preventivo de camiones carga pesada y carga liviana. ....	100
<b>Tabla 16.</b> Plan de mantenimiento preventivo de vehículos particulares. ....	103
<b>Tabla 17.</b> Plan de mantenimiento de vehículos pick up. ....	105
<b>Tabla 18.</b> Códigos de los componentes vehiculares. ....	109
<b>Tabla 19.</b> Plan de mantenimiento preventivo para componentes vehiculares. ....	110
<b>Tabla 20.</b> Comparación de costos de mantenimiento del I y II cuatrimestre 2023. ....	113
<b>Tabla 21.</b> Comparación de cantidad de mantenimientos del I y II cuatrimestre. ....	114
<b>Tabla 22.</b> Comparación de tiempos de funcionamiento e inactividad del I y II cuatrimestre. ....	115
<b>Tabla 23.</b> Planteamiento de KPI'S de mantenimiento. ....	116
<b>Tabla 24.</b> Comparación de KPI'S de la flota durante el I y II cuatrimestre 2023. ....	119
<b>Tabla 25.</b> Cuadro comparativo de variables del I y II cuatrimestre 2023. ....	120
<b>Tabla 26.</b> Inversión y gastos de las propuestas de mejora. ....	123
<b>Tabla 27.</b> Análisis costo-beneficio de la propuesta de mejora. ....	124
<b>Tabla 28.</b> Matriz de comunicación del proceso de mantenimiento. ....	126
<b>Tabla 29.</b> Límites de KPI'S de mantenimiento. ....	131

### III. ACRÓNIMO DE SIGLAS

**MTTR:** Mean time to repair o traducido al español tiempo promedio para reparar.

**MTBF:** Mean time between failures o traducido al español tiempo promedio entre fallas.

**MTTF:** Mean time to failure o traducido al español tiempo medio hasta la falla.

**VA:** valor anual.

**VAN:** valor actual neto.

**TIR:** Tasa interna de retorno.

**TMAR:** Tasa media anual de reducción

**CB:** costo beneficio.

**CBA:** costo beneficio actual.

**KPI's:** Key performance indicators o traducido al español indicadores clave de rendimiento.

**DMAIC:** Definir, medir, analizar, implementar y controlar.

## **IV. RESUMEN EJECUTIVO**

Altamirano, Héctor. Universidad Hispanoamericana, (2023). Implementación de un plan de mejora en el proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A, Heredia, tercer cuatrimestre del 2023. Tutor, Ing. Carlos Chavarría Hidalgo.

El presente resumen ejecutivo presenta el desarrollo de la investigación en donde se identificaron las causas de las ineficiencias en el proceso de mantenimiento, reuniones con el personal involucrado en mantenimiento para determinar las causas más potenciales, seguido se utilizaron técnicas de ingeniería industrial para encontrar las causas raíz del problema. Asimismo, una vez identificadas las causas raíz del problema se comenzaron a plantear y diseñar propuestas de solución.

Con respecto a lo anterior, se diseñaron dos propuestas, la primera es implementación de planes de mantenimiento con la cual el mantenimiento se centraría en acciones preventivas antes de que el desgaste, anomalía o defecto se convierta en fallas. Además, la segunda propuesta de implementación de KPI's de mantenimiento con esta se analizarían todos los datos operativos de mantenimientos para evaluar el rendimiento de toda la flota vehicular en caso de bajos rendimientos o bien para mejorar los rendimientos.

En definitiva, al implementar las propuestas, los datos muestran que se obtuvo un impacto positivo en la operación de la flota, lo que se refleja en aumento del tiempo de funcionamiento de la flota en 1171,64 horas por cuatrimestre, disminución del tiempo de inactividad de la flota en 613,64 horas por cuatrimestre, reducción en la cantidad de 9 averías por cuatrimestre, reducción en la cantidad de 9 mantenimientos correctivos por cuatrimestre, y aumento en la cantidad de 24 mantenimientos preventivos por cuatrimestre. Por último, se obtuvo una

disminución de los costos de averías en 1 828 657,41 colones por cuatrimestre, los costos de mantenimiento disminuyeron 2 785 827,69 colones por cuatrimestre, y los costos de mantenimientos preventivos aumentaron en 1 859 657,40 colones por cuatrimestre; esto indica que se invirtió en prevenir las fallas y por eso los costos de mantenimientos preventivos aumentaron mientras que las averías y mantenimientos correctivos disminuyeron.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

## **1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.**

El proyecto se desarrollará en la empresa que trabaja bajo el nombre de "Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A." y se dedica al diseño y construcción de paisajismo y mantenimiento de áreas verdes. En el proceso de mantenimiento se han presentado a enfrentado dificultades en la flotilla vehicular, lo que ha resultado en un alto número de averías, mantenimientos correctivos frecuentes y costos significativos de mantenimiento. Por lo tanto, es crucial implementar un plan de mejora para abordar estos problemas y optimizar el proceso de mantenimiento.

Como resultado de lo anterior, se utilizarán herramientas de ingeniería para identificar la causa raíz de las fallas recurrentes mediante la recolección de datos a través de inspecciones exhaustivas del estado actual de la flota, análisis de datos y entrevistas con el personal de la flota. Además, se utilizará la metodología DMAIC (Definir, Mediar, Analizar, Implementar, Controlar) para desarrollar el proyecto durante el segundo y tercer cuatrimestre del 2023. Además, con los informes de mantenimiento se desarrollará un plan de mejora, que permitirá incluir acciones y estrategias encaminadas a reducir el número de averías y mantenimientos correctivos para optimizar los costos de mantenimiento.

Estas estrategias también pueden incluir cualquier cosa, desde la implementación de un programa de mantenimiento preventivo más estricto hasta la mejora de la detección temprana de defectos y la capacitación del personal de mantenimiento en técnicas actualizadas y mejores prácticas. Como resultado, se implementará el plan de mejora en el parque vehicular del Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A, resultando en un seguimiento continuo de los resultados obtenidos con el objetivo de recopilar datos sobre el número de averías, mantenimientos correctivos realizados y costos de mantenimiento asociados.

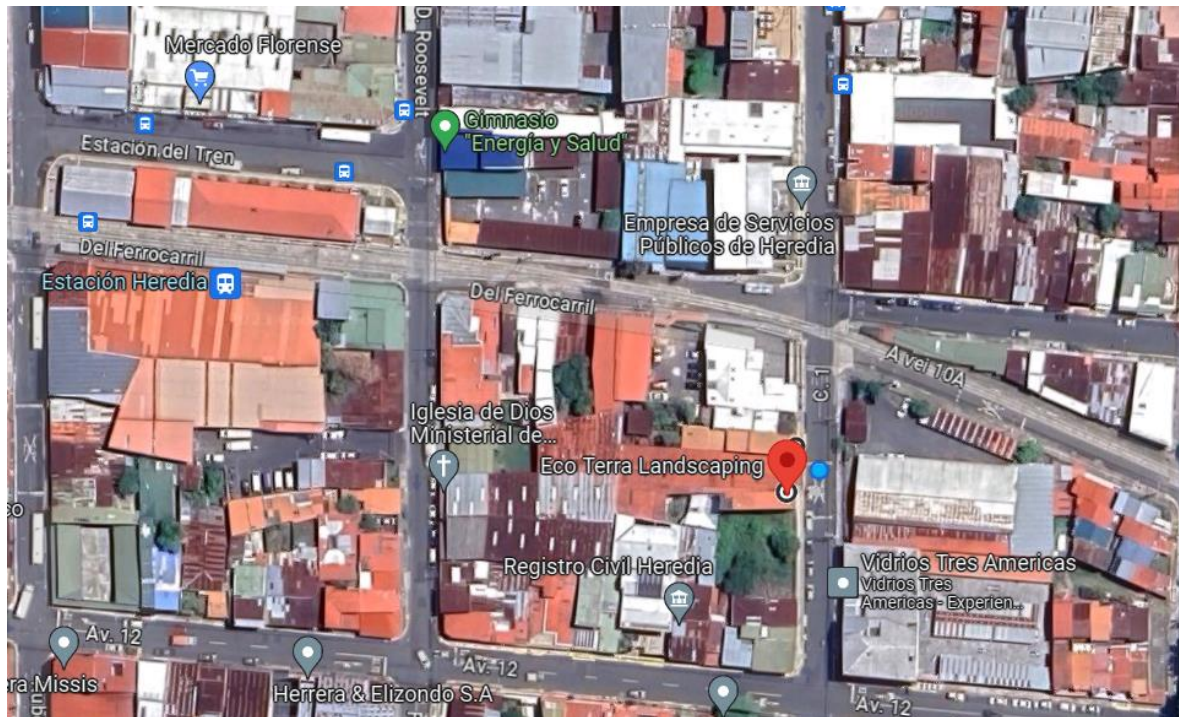
En efecto, el análisis de los resultados obtenidos para evaluar el impacto de las acciones aplicadas al haber implementado el plan de mejora, en cuanto a disminución de los mantenimientos correctivos y optimización de los costos de mantenimiento, y de reducción de averías lo que proporcionará a Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A una perspectiva efectiva para mejorar el proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular y se indicarán sugerencias para futuras mejoras de dicho proceso.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN EN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO.**

### **1.2.1 Descripción general de la organización**

Los negocios de Grupo Agroindustrial Ecoterra incluyen: diseño de jardines, hidrosiembra, sistemas de riego, poda y corta de árboles, chapea industrial y a gran escala, instalación y mantenimiento, limpieza y mantenimiento de cunetas y alcantarillas.

*Figura 1. Localización de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*



*Fuente: Google Maps.*

*Figura 2. Servicios que brinda la empresa.*



*Fuente: Empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*

### **1.2.2 Misión**

Transformar la jardinería en el arte del paisajismo urbano, rural, comercial, y/o residencial, a través de un equipo interdisciplinario de profesionales especializados, que ponen al servicio de sus clientes el diseño, desarrollo y mantenimiento de sus proyectos en espacios abiertos. Servicio personalizado, innovación, tecnología de punta y respeto por el uso y preservación de los recursos naturales propios de cada zona geográfica diferencian nuestro servicio.

Convertir la jardinería en el arte de transformar espacios abiertos integrándolos naturalmente mediante el uso de los recursos naturales propios de la zona geográfica donde se ubica cada cliente, mediante la asesoría de nuestros profesionales.

### **1.2.3 Visión**

Consorcio empresarial especializado en el desarrollo de proyectos de paisajismo, que permitan a través del diseño racional de los recursos naturales disponibles, la creación y mantenimiento de espacios abiertos con expresión cultural, social y emocional, a través del uso de técnicas, procesos y/o equipos amigables con el ambiente.

Convertirnos en la mejor opción para el diseño, desarrollo y mantenimiento de proyectos de paisajismo, con la creación de espacios naturales abiertos con expresión cultural, social y emocional apegados a los estándares y procesos amigables con el ambiente.

### 1.2.4 Estructuras organizativas

*Figura 3. Estructura Organizativa gerencial de la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*



*Fuente: Empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*

**Figura 4.** Organigrama del departamento contable, comercial y ventas.



*Fuente: Empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*

*Figura 5. Organigrama del departamento de operaciones.*



*Fuente: Empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra.*

*Figura 6. Organigrama del departamento de recursos humanos.*



*Fuente: Grupo Agroindustrial Ecoterra.*

### **1.2.5 Área donde se lleva a cabo el estudio**

El proyecto se desarrolla en el departamento de operaciones en el área de logística vehicular, en la imagen 5- Organigrama 3, se muestra la estructura del departamento en la que el supervisor de logística es la persona encargada del área donde se aplica el proyecto.

### **1.2.6 Número de empleados**

La empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra cuenta con más de 400 colaboradores, entre ellos arquitectos, ingenieros forestales, paisajistas, y equipo de campo con más de 17 años de experiencia, listos para llevar a cabo los diferentes proyectos en los que consideren como su aliado comercial.

### **1.2.7 Tipo de puestos por departamentos**

Puestos del departamento contable y financiero:

- Gerencia administrativa
- Contador(a)
- Encargado(a) de cuentas por cobrar
- Encargado(a) de cuentas por pagar

Puestos del departamento comercial y de diseño:

- Coordinador(a) comercial y ventas
- Diseñador(a)
- Presupuestista

Puestos del departamento de operaciones:

- Gerencia de Operaciones
- Asistente de Operaciones
- Supervisores
- Supervisor de Logística
- Mecánico de herramientas y maquinarias
- Encargada de Compras
- Encargado de Bodega

Puestos del departamento de recursos humanos:

- Gerencia de recursos humanos
- Asistente de recursos humanos
- Encargada de salud ocupacional
- Limpieza

### **1.2.8 Tipos de servicios que genera la organización**

Los principales servicios que ofrece Grupo Agroindustrial Ecoterra:

- Paisajismo: Diseño, Planeación y Desarrollo.
- Sistemas de Riesgo: Agua potable, y planta de tratamiento de aguas residuales.
- Mantenimiento Residencial e Industrial.
- Jardines Verticales y Techos Verdes.

- Grúa Telescópica.
- Control de Erosión (hidrosiembra).
- Mantenimiento Vertical.
- Trasplante de árboles.
- Iluminación Solar SELS.
- Poda y Tala (con o sin factor de alto riesgo)

### **1.2.9 Antecedentes del contexto de la empresa:**

La empresa fue fundada por los hermanos Rafael y Alejandro Badilla, quienes luego de trabajar en un negocio familiar de venta de plantas decorativas al extranjero, vieron la oportunidad de establecer una planta comercial en el estacionamiento de los Mega Supermercados. Lanza la cadena Eco Viveros tras presentar el proyecto impulsado por los Mega supermercados durante varios años, con la compra de la Wal-Mart internacional de los supermercados donde se encontraban las tiendas Eco Viveros, la citada empresa salió del mercado.

Con el fin de proporcionar servicios profesionales de paisajismo/jardinería en el país a como se da en naciones más desarrolladas como los Estados Unidos, se funda Eco Terra Landscaping en el año 2005. Como resultado, Eco Terra decide ofrecer todos los servicios que ofrece este tipo de negocios, junto con la experiencia de sus socios como lo son: sistemas de riego diseño e instalación, corta y poda de árboles de riesgo con grúa especializada, construcción de paisaje y obras duras exteriores (hardscape and softscape), chapeas industriales: áreas grandes, mecanizadas y manual, paisajismo diseño e instalación, mantenimiento profesional de jardines y riegos

Con el desarrollo de la empresa y el pasar de los años, actualmente además de dichos servicios profesionales se ofrece: lámparas solares led (representantes para el país de la marca Sels), jardines verticales y techos verdes, control de erosión con: material vegetativo, con mantas y/o con hidrosiembra, servicios a municipalidades (limpieza de áreas verdes, parques, y alcantarillado, recolección de basura, poda y corta de árboles).

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Definición y Medición del Problema:**

Durante el primer cuatrimestre de 2023, la empresa Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. enfrentó una serie de desafíos relacionados con el mantenimiento de su flota vehicular. Durante el primer cuatrimestre de 2023 se registraron un total de 19 averías, 29 mantenimientos correctivos y 27 mantenimientos preventivos resultando en un costo de mantenimiento cuatrimestral de ¢16 873 069,61 lo cual supera el límite establecido por la empresa para costos de mantenimientos por cuatrimestre que es de ¢15 000 000,00.

En relación con lo anterior, estos temas de mantenimiento han influido negativamente en la eficiencia operativa y han resultado en un aumento significativo en los gastos operativos de la empresa.

La frecuente ocurrencia de averías y la necesidad de mantenimiento correctivo implican la presencia de problemas ocultos en el proceso de mantenimiento vehicular del Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. Estos problemas podrían estar relacionados con la falta de un plan de mantenimiento preventivo eficaz, el uso ineficiente de los vehículos, la falta de

indicadores clave de desempeño o la ausencia de un enfoque sistémico de gestión del mantenimiento.

La magnitud de los costos mensuales de mantenimiento enfatiza la importancia de abordar estos problemas de manera estratégica y efectiva. El impacto financiero de estos costos en el presupuesto de la empresa puede reducir su competitividad y capacidad para invertir en otras áreas críticas de operación y desarrollo.

Como resultado, es fundamental abordar estos desafíos de manera integral y proactiva. Implementar un plan de mejora en el proceso de mantenimiento de la flota vehicular podría no solo reducir los costos operativos asociados a averías y mantenimientos correctivos, sino también aumentar la disponibilidad de vehículos del Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.

### **1.3.2 Justificación del Proyecto:**

La implementación de un plan de mejora en el proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. es esencial para abordar los desafíos operativos y financieros que la empresa enfrenta. La necesidad de este proyecto se deriva de la importancia de optimizar la gestión de recursos, mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados a las averías y el mantenimiento correctivo.

La necesidad de mantener la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos utilizados en las operaciones diarias es innegable. El mantenimiento reactivo y las averías pueden generar costos significativos en términos de reparaciones, tiempo de inactividad y recursos. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo permitirá anticipar y solucionar problemas antes de que se conviertan en costosas interrupciones.

Además de los aspectos financieros, la implementación de un enfoque preventivo también tiene implicaciones positivas en términos de sostenibilidad ambiental y seguridad operativa. Al mantener los vehículos en condiciones óptimas, se puede reducir el consumo de combustible y las emisiones, contribuyendo a una menor huella ambiental. Además, un mantenimiento adecuado garantiza la seguridad de los conductores y el personal, minimizando riesgos asociados con averías imprevistas.

Este proyecto también se alinea con las mejores prácticas en la gestión de flotas, lo que puede mejorar la reputación de la empresa y su posición en la industria. Al adoptar un enfoque estructurado y proactivo, Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. demuestra su compromiso con la eficiencia operativa y la calidad de sus servicios.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo General:**

- Implementar un plan de mejora en el proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. para reducir los costos asociados, averías y mantenimientos correctivos utilizando herramientas ingenieriles.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Describir los procesos involucrados en los que se recopilarán la información.
- Recopilar estadísticas de la operatividad de la flota vehicular.
- Analizar las causas raíz de las averías y los fallos más recurrentes en la flotilla vehicular.

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en las características y necesidades específicas de los vehículos utilizados por Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.
- Establecer un mecanismo de control para la comunicación, retroalimentación y alerta temprana de inconformidades en el proceso de mantenimiento, fallas, anomalías y defectos.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El proyecto se enfocará en la implementación de mejoras en la flotilla vehicular de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A., con el objetivo de reducir las averías, mantenimientos correctivos y costos de mantenimientos, llevando a cabo un análisis detallado de las averías por fallos y mantenimientos correctivos registrados durante el primer y segundo cuatrimestre de 2023 para identificar patrones y causas. Además, las mejoras propuestas estarán limitadas por los recursos disponibles, como personal de mantenimiento, equipo y presupuesto asignado.

### **1.5.2 Limitaciones**

Los cambios en la estructura organizativa, las políticas de la empresa o las condiciones económicas externas pueden influir en la implementación del plan y sus resultados. También,

los factores climáticos y externos que pueden afectar el rendimiento de los vehículos, como condiciones meteorológicas extremas o factores ambientales, no serán profundamente analizados.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

### **2.1.1 Ingeniería**

La ingeniería se viene aplicando desde construcciones antiguas como lo son las pirámides porque está radica en la manera que el ser humano utiliza su ingenio para la solución de problemas mediante la aplicación de herramientas técnicas.

Según (Baca Urbina et al., 2014):

Se considera que un ingeniero es aquella persona que, con cierta base científica, diseña o construye máquinas y aplica su conocimiento e ingenio para resolver problemas en bien de la comunidad; también, tiene la acepción de guía o líder. Esto concuerda con la primera definición, que establece que un ingeniero es aquel profesional que tiene conocimientos adquiridos con base en estudio, que posee un talento natural, que es creativo y que aplica sus conocimientos en el diseño de máquinas y procesos industriales para el beneficio de la humanidad. (p.2)

### **2.1.2 Ingeniería industrial**

(Baca Urbina et al., 2014) afirma:

Por ello, un ingeniero industrial requiere de muchos conocimientos y cualidades. El primer atributo es comportarse, invariablemente, como científico, en el sentido de aplicar conocimientos que estén basados en hechos comprobados de manera científica. Solo con base en este postulado, es capaz de tener los elementos suficientes y necesarios para transformar la realidad. (p.28)

### **2.1.3 Gestión Operaciones**

La gestión de operaciones administra los recursos de cada uno de sus proyectos de tal manera que las operaciones logren tener gran eficiencia, utilizando la mínima cantidad de recursos y terminar en el menor tiempo posible, y sin afectar los demás procesos de la empresa. Es necesario tener conocimiento de herramientas que ayuden a optimizar las operaciones y decidir qué método emplear para lograr aumentos en la eficiencia y eficacia, concretar requisitos y mejorar la calidad del servicio o producto. (Arbós, 2012, p. 16)

### **2.1.4 Optimización de recursos**

Según (Delgado et al., 2018) “optimización ha sido introducido en la literatura como un elemento que fortalece el uso de la simulación en el proceso de toma de decisiones, dado que permite la obtención de los mejores valores de las variables de entrada” (pp.140-141).

### **2.1.5 Eficiencia Operativa**

De acuerdo con (Franco & Velásquez, 2000) “La eficiencia operativa de una máquina, área o sección se define como el valor del margen de contribución bruto de esa unidad por unidad de tiempo.” (p.28).

### **2.1.6 Logística**

Se afirma que “la logística consiste en planificar y poner en marcha las actividades necesarias para llevar a cabo cualquier proyecto. Para ello se tienen en cuenta las variables que lo definen, estableciendo las relaciones que existen entre ellas.” (Aparicio, 2014, p. 1)

### **2.1.7 Gestión de Proyectos**

Según afirma (Otero, 2006):

La gestión de proyectos supone, por tanto, un conjunto de procedimientos explícitos, cuya finalidad es mejorar la toma de decisiones en relación con la asignación de recursos, para el logro de objetivo a través de la movilización de medios adecuados para su obtención. (p.5)

### **2.1.8 Análisis de Valor**

De acuerdo con (Sacristán, 2007):

El análisis de valor pregunta, así pues, bajo otra forma de razonar teniendo al cliente como centro de este razonamiento:

1. Por qué y para qué hacerlo?
  
2. A quién presta servicio?
  
3. Aporta algo ese servicio?

Todo ello lo podemos hacer extensivo a: los productos (diseño), los procesos (nuevas industrializaciones), los procedimientos, normas, los procesos administrativos, organización, etc. (p.43)

### 2.1.9 Gestión del mantenimiento

Según (Viveros et al., 2013) "la gestión del mantenimiento se transforma en un poderoso factor de competitividad cuya importancia en el ámbito empresarial crece día a día. Es por esta razón que existe la necesidad de conceptualizar y de entender los procesos mínimos necesarios" (p.126)

- **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en planificar actividades de mantenimiento para las anomalías, defectos, desgastes, pérdida de propiedades de productos, los cuales deben tener una fecha programada para ser atendidos es por esto que si aún falta bastante para la fecha de mantenimiento preventivo programada o si esta se reprograma con frecuencia va a ser difícil evitar que se conviertan en fallas.
- **Mantenimiento Correctivo:** Consiste en reparar partes, componentes o accesorios que presentan fallas o que se encuentran en mal estado; estas circunstancias impiden el buen funcionamiento y de no atenderse se pueden presentar averías con frecuencia.
- **Avería:** Es cuando una falla ocasiona que un sistema deje de funcionar por completo o por ciertos lapsos de tiempo, lo cual genera tiempos de inactividad y retrasos.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

### **2.2.1 Etapas de la Metodología DMAIC**

(Pachas, 2014) afirma:

Los proyectos Seis Sigma se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (en inglés DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control). En la fase de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste. (p.2)

**Figura 7. Metodología DMAIC.**



Fuente: Página Web Roboyo (2022).

- Definir: En esta etapa se debe identificar el problema al que le queremos dar solución, esto serían las bases para tener claridad en qué tipo de métricas son las que se deben plantear en la siguiente fase. Según (Figuroa Zazueta, 2011) "se debe de tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver, por ello es fundamental las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto" (p.28).
- Medir: Se plantean las métricas con las cuales se recopilarán datos sobre el comportamiento del problema al cual se le dará solución. (Villareal, 2012) menciona que "se deben realizar estas mediciones y se debe recolectar datos importantes, de manera que en el futuro se puedan realizar comparaciones a base de nuevas mediciones y de esta manera determinar si los defectos han sido reducidos" (p.7).
- Analizar: Se realiza el análisis causa raíz y se hará énfasis en las causas de mayor importancia para desarrollar acciones que corrijan el problema. "El propósito de esta fase es analizar los datos obtenidos con anterioridad y determinar las variables significativas o de salida. Además, se identifica las causas raíz de los defectos." (Pozo Benavides, 2019, p. 37).
- Implementar: Se ejecutan las acciones para mejorar el proceso y se da seguimiento a los resultados en caso de ser necesario realizar cambios en la mejora. "El propósito de esta fase es el de implementar a gran escala las soluciones seleccionadas en las fases anteriores. Es en esta fase donde generamos las soluciones potenciales,

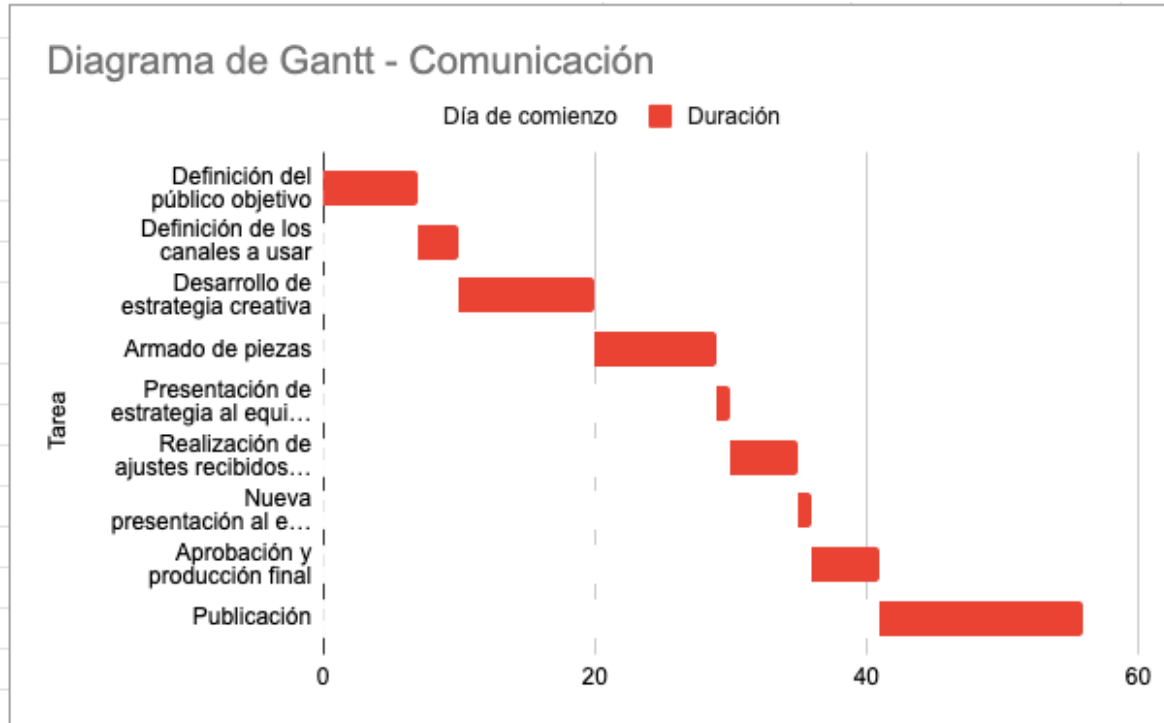
seleccionamos y priorizamos soluciones, aplicamos las mejores prácticas" (Barrantes Callata, 2019, p. 25).

- Controlar: Una implementadas las acciones se lleva a cabo un control para asegurar que el problema se haya corregido y se cumplan los objetivos establecidos. "En este paso las acciones de mejora se tienen que volver permanentes, se incorporan como nuevos procesos aprobados por la gerencia y se generalizan, es por esto que esta etapa se considera la más difícil de las cinco." (Astúa Bermúdez, 2018, p. 29).

### **2.2.2 Diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt es la herramienta que sirve para planificar el inicio, fin, duración planeada, avance real y línea de tiempo de las actividades de un proyecto. "Los diagramas de Gantt son ayudas gráficas y visuales, útiles en aspectos de planificación y programación de carga de trabajo y de operaciones que se manifiestan en cualquier tipo de organización, sea productiva o social." (Terrazas Pastor, 2011, p. 8).

**Figura 8.** Ejemplo de diagrama de Gantt.

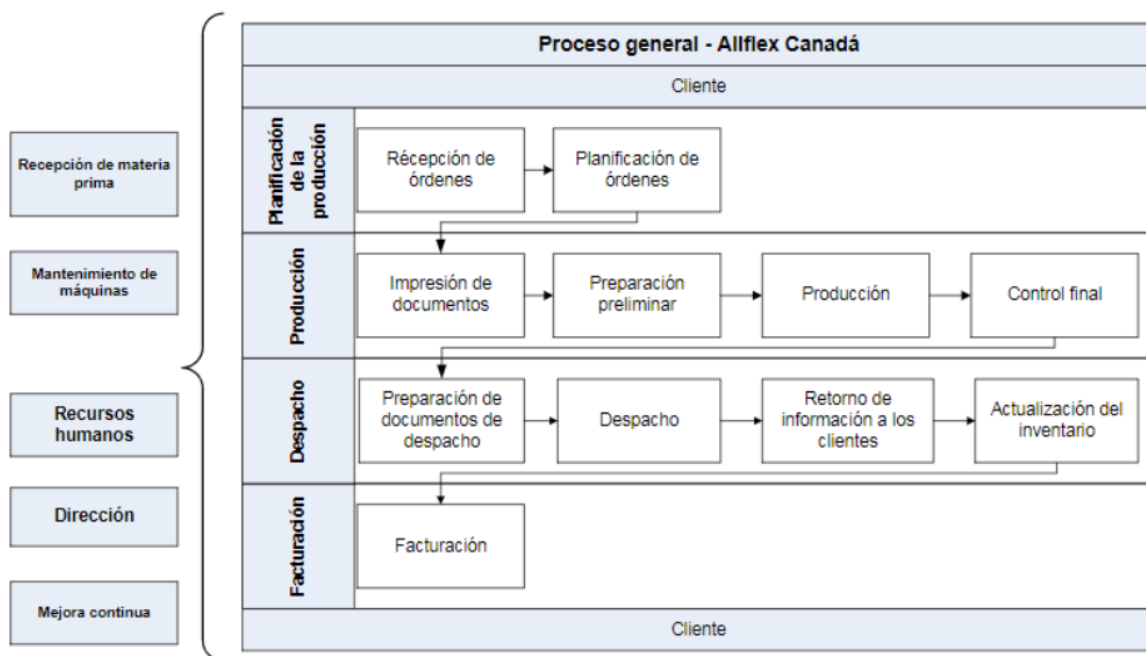


Fuente: Página Web Blog Tiendanube (2022).

### 2.2.3 Diagrama de bloques de procesos

"Estos diagramas muestran de inicio a fin cómo funcionan los procesos en la organización." (Lizarbe & Aguilar, 2020, p. 169). Al utilizar esta herramienta se describen las actividades de un proceso desde un enfoque general ya que al mismo tiempo muestra las variables de entradas, como funciona, sus requerimientos, relaciones y sus variables de salidas; lo que permite entender con facilidad el funcionamiento de cada una de las actividades que conforman el proceso o sistema.

**Figura 9.** Ejemplo de diagrama de bloque de procesos aplicado en documentación.



Fuente: Implementación de un sistema de gestión de la calidad para mejoras en la empresa (2012).

## 2.2.4 Diagrama SIPOC

Este diagrama representa información valiosa sobre los proveedores, entradas, proceso, salidas y cliente, lo cual es esencial si estamos trabajando en la mejora de un proceso para entender todo el flujo. "La herramienta sirve para analizar el proceso de una manera amplia, reconociendo los respectivos proveedores, todas las entradas y salidas del proceso y la vinculación de los clientes con cada paso del proceso" (González & Prado, 2021, p. 124).

*Figura 10. Ejemplo de diagrama SIPOC.*

Proceso Mantenimiento de Flotilla Vehicular				
S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Motores Limar	Baterías	Inspección	Vehículos en buen estado	Conductores
Veinsa Motors	Lubricantes y aditivos	Mantenimiento Preventivo	Reportes de Mantenimiento	Departamento de Operaciones
Repuestos El Trebol	Llantas	Ejecución de Reparaciones	Cumplimientos de Estándares de Seguridad	Departamento Comercial y Ventas
Petro-Canada	Herramientas	Pruebas y Ajustes	Eficiencia Operativa	Departamento de Contabilidad
Automecanix	Líquidos	Mantenimiento Predictivo	Historial de Mantenimiento	Alta dirección
Carr Supplies	Accesorios Vehiculares	Registro de Actividades	Documentación Legal	
Taller Sus Amigos	Repuestos Vehiculares	Recepción de vehículos	Seguimiento de Consumo de Combustible	
Taller César Reyes	Mangueras y acoples	Entrega de Vehículos	Historial de Garantías	
Centro de Diagnóstico Automotriz CHAVA	Manteados	Planificación de Mantenimiento	Registro de Inventario	
Taller Automotriz Herrera	Lingas para carga	Seguimiento y Programación Futura		
TecnoGrande	Servicios Técnicos			
Servicios Hidráulicos Rodríguez	Seguro Vehicular			
Mecánico Agrícola Marcos Campos	Asesoría trámites de póliza			
Baterías Villalobos	Combustible			
Ferretería EPA				
Maxi Repuestos				
Grúas Yuca				
Corredora de Seguros Karol Porras				
Instituto Nacional de Seguros				
Gasolinera Casaque				
Gasolinera Zavillana				

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.2.5 Diagrama Ishikawa

"Los diagramas de Ishikawa son herramientas de diagnóstico utilizadas para identificar las causas potenciales de un evento. Existen diversas técnicas y filosofías para llevar a cabo el análisis de causa raíz de un problema a partir de estos diagramas." (Bernal & Niño, 2018, p. 1).

*Figura 11. Ejemplo de diagrama de Ishikawa.*



*Fuente: Página Web Blog Excel Para Todos (2022).*

### 2.2.6 5 Porqués

"El cinco porqués es un método sorprendentemente simple que tiene como objetivo el encontrar los problemas, más concretamente su raíz. Con este método, se pretende que se resuelva el problema de manera definitiva y no poniendo parches" (Tarragó Borges, 2021, p. 37).

**Figura 12.** Ejemplo de técnica 5 porqués.

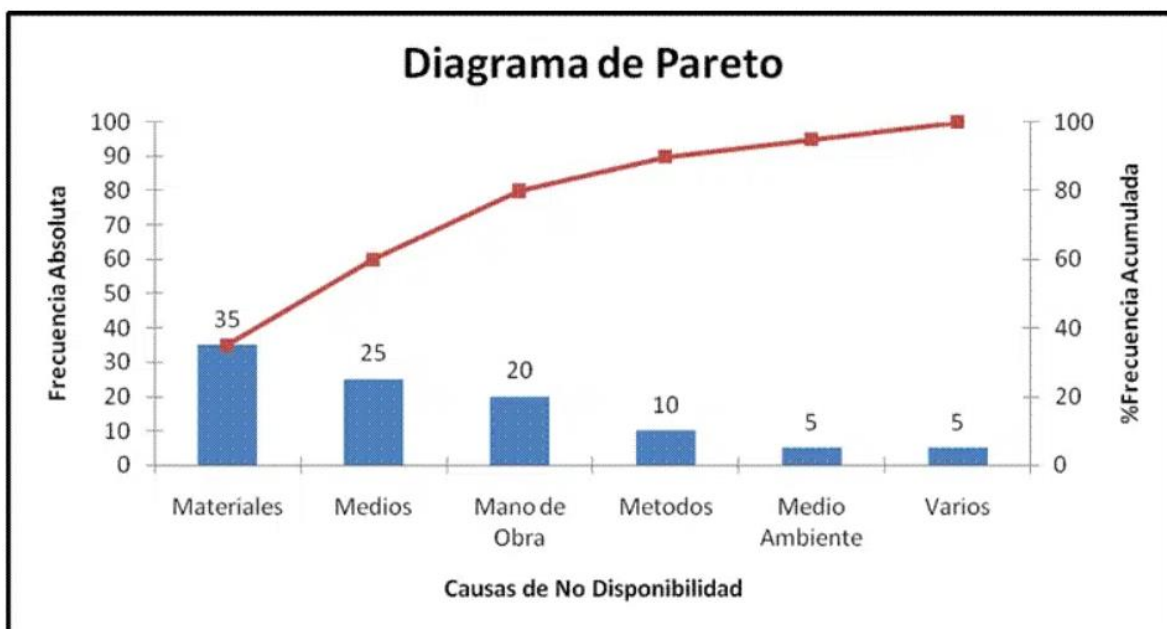
Descripción del problema	1er ¿Por qué?	2do ¿Por qué?	3er ¿Por qué?	4to ¿Por qué?	5to ¿Por qué?
Vibración en máquina de línea de soldadura	¿Por qué hay vibración en la máquina de la línea de soldadura?	¿Por qué los baleros de rodamiento generan vibración de la máquina?	¿Por qué los baleros presentan desgaste prematuro?	¿Por qué presentan falta de lubricación?	¿Por qué no está considerada dentro de las tareas de mantenimiento preventivo de la máquina?
	Porque los baleros de rodamiento generan vibración de la máquina	Porque los baleros presentan desgaste	Porque presentan falta de lubricación	Porque no está considerada dentro de las tareas de mantenimiento preventivo de la máquina	Porque la lubricación de baleros no fue considerada como tarea crítica en el PM
	Cuando la causa raíz es una de las 5 razones, se debe dejar de preguntar <b>por qué</b>				

Fuente: Página Web SPC Consulting Group (2019)

### 2.2.7 Diagrama de Pareto

Lo primero es tener claro el problema que se va a analizar, segundo definir el tipo de datos que se necesitan para una estratificación adecuada, tercero ordenar datos de mayor a menor de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y cuarto verificar que la mayoría de los defectos se encuentren en las dos o tres primeras categorías, es decir, confirmar que exista efecto Pareto. (García Martínez, 2023) "herramienta de clasificación y priorización, que puede ser utilizada en muchas áreas de trabajo y así con mayor certeza hacia dónde dirigir los esfuerzos de mejora, ya que puede ser imposible y poco práctico pretender resolver todos los problemas" (p.2).

*Figura 13. Ejemplo de diagrama Pareto.*



*Fuente: Página Web SPC Consulting Group (2015)*

## 2.2.8 Multivoto

(Marin-Garcia & Maheut, 2013) afirma:

El equipo ideal utiliza procedimientos de decisión bien definidos. Para ello, establecen en cada ocasión cómo tomarán las decisiones (por mayoría, consenso, multivoto...). Una recomendación útil es que se exploren los asuntos por mayoría (la técnica del multivoto puede ser muy adecuada), esto permite reducir rápidamente el número de posibilidades, que luego se deciden por consenso. (p.5)

*Figura 14. Ejemplo de técnica multivoto.*

Causas	Categoría	Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5	Suma	Porcentaje %
Entrada de aire	Métodos	5	4	5	5	4	23	6,55%
Mala manipulación del operario	Mano de Obra	4	5	4	5	4	22	6,27%
Bolsas	Material	3	5	5	5	4	22	6,27%
Error en el conteo	Medición	5	4	5	3	4	21	5,98%
Exposición al sol	Medio Ambiente	5	5	4	3	4	21	5,98%
Humedad	Medio Ambiente	4	5	4	4	4	21	5,98%
Falta de refrigeración	Máquina	4	2	4	5	3	18	5,13%
Error en el corte de palmito	Métodos	4	3	4	4	3	18	5,13%
Inadecuado control de calidad	Medición	3	4	3	4	4	18	5,13%
Poca iluminación	Medio Ambiente	4	3	4	3	4	18	5,13%
Equipo de medición mal calibrado	Medición	3	4	3	3	4	17	4,84%
Residuos de agroquímicos	Medio Ambiente	3	3	4	3	4	17	4,84%
Calidad de materia prima	Material	5	3	2	4	2	16	4,56%
Ambiente laboral rígido	Medio Ambiente	3	3	2	4	4	16	4,56%
Falta de mantenimiento preventivo	Máquina	3	3	5	1	1	13	3,70%
Procedimiento inapropiado	Métodos	2	4	1	1	4	12	3,42%
Mal acomodamiento de cajones	Métodos	2	1	3	1	4	11	3,13%
Golpes	Mano de Obra	3	3	1	1	2	10	2,85%
Supervisión	Mano de Obra	2	4	1	2	1	10	2,85%
EPP no adecuado	Mano de Obra	1	1	1	1	5	9	2,56%
pick-up sucio	Máquina	1	2	1	1	4	9	2,56%
Resistencia del embalaje	Material	2	1	4	1	1	9	2,56%
							351	100%

Fuente: Elaboración propia.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

### **2.3.1 Costos de Mantenimiento**

"En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo" (Tavares, 1999, p. 7)

### **2.3.2 Vida útil de los activos**

(Chavarría, 2021) menciona que "El concepto de vida útil de un activo tiende a considerar determinados elementos, como el desgaste por el uso, los posibles cambios en la demanda de los bienes y servicios a cuya producción colabora, la incidencia de factores naturales" (página web).

### **2.3.3 Confiabilidad**

"Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente." (Amendola, 2003, p. 2)

### **2.3.4 Eficiencia y productividad**

(Lopez Herrera, 2012) afirma que "lo contrario a la eficiencia es el desperdicio, y lo opuesto a la productividad es la lentitud en la creación o producción. La eficiencia es para contrarrestar el desperdicio, y la productividad es para contrarrestar la lentitud" (p.26).

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES**

Se analizarán investigaciones semejantes al proyecto para que sirvan de sustento a la práctica, teoría y metodología; contribuciones en el campo de la ingeniería industrial que otros ingenieros han realizado mediante proyectos de mejora en el mantenimiento de flotas vehiculares o maquinaria.

En relación con lo anterior, el Ing. Daniel Monge Castillo autor del proyecto “optimización del modelo de atención de mantenimiento preventivo y correctivo de la flotilla vehicular del área de almacenamiento y distribución CCSS en la gran área metropolitana durante el primer cuatrimestre del año 2020”.

Por otra parte, el Ing. Daniel Monge Castillo menciona: "Se realizó tres manuales de procedimientos que permiten describir cada uno de los procesos mínimos para la confección de reportes de averías, atención de reportes y rutina de mantenimiento preventivo de vehículos" (Monge Castillo, 2020, p. 223). En cuanto a la conclusión se evidencia que, mediante la elaboración de manuales sobre procesos para generar reportes de mantenimientos, se facilitarán las tareas de gestión del mantenimiento en cuanto a recopilación y análisis de datos para el cálculo de indicadores.

Otra segunda conclusión del Ing. Daniel Monge Castillo es la siguiente: "Se realizó una base de datos con variables importantes para la definición de los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad, así como también para cuantificar los costos operativos y de mantenimiento de los vehículos." (Monge Castillo, 2020, p. 223)

Por otro lado, el Ing. Daniel Monge Castillo recomienda: "a la jefatura de transportes establecer una comunicación constante con el Servicio de Mantenimiento, de manera que permita conocer el estatus de atención de los reportes." (Monge Castillo, 2020, p. 25). Asimismo, cuya recomendación es útil para programar el mantenimiento y dar prioridad aquellas fallas potenciales que ocasionan mantenimientos reactivos, los cuales complican las demás operaciones asociadas.

En concordancia, una segunda recomendación del Ing. Daniel Monge Castillo es la siguiente: "Se realizó una base de datos con variables importantes para la definición de los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad, así como también para cuantificar los costos operativos y de mantenimiento de los vehículos." (Monge Castillo, 2020, p. 225).

También, en el Ing. Jorge Luis Ordóñez Valle quien es autor del proyecto: "Diagnóstico e implementación de mejora para la Gestión Vehicular Nacional de la Cruz Roja Costarricense.". Asimismo, el concluye lo siguiente: "La recopilación de datos centralizada y análisis apoyarán el resultado en la medición y gestión del desempeño de la flota y el desarrollo de estrategias para ofrecer mejoras." (Ordóñez Valle, 2017, p. 25).

Además, el Ing. Jorge Luis Ordóñez valle concluye que: "La institución no cuenta con una programación adecuada de las actividades de mantenimiento y al no existir una programación de tareas, estas no se controlan ni se registran con documentos adecuados, conjuntamente por la inexistencia de un programa informático" (Ordóñez Valle, 2017, p. 238).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En este capítulo se especifican las actividades que contribuyen al logro de los objetivos de cada etapa de la metodología DMAIC, en la etapa definir actividades para identificar problemas, etapa medir actividades que identifiquen variables del proceso de mantenimiento, etapa analizar actividades para extraer información de los datos recopilados, etapa implementar actividades de diseñar propuestas que aborden las causas identificadas, etapa controlar actividades de monitoreo del proceso.

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La metodología para la definición del problema presentada es un enfoque sistemático para identificar y comprender un problema. Se basa en identificar las actividades del proceso, los insumos, los procesos, los productos y los clientes de un sistema.

También, las herramientas utilizadas son adecuadas para las actividades específicas que se deben realizar. Asimismo, el SIPOC es una herramienta eficaz para identificar los procesos involucrados y las operaciones esenciales a analizar; y el diagrama de bloques es una herramienta útil para diagramar el funcionamiento del proceso.

Por otra parte, las actividades de la metodología están diseñadas para recopilar toda la información relevante sobre el proceso, incluyendo los procesos involucrados, las operaciones esenciales, el funcionamiento del proceso y la información sobre los clientes. Esta información es esencial para comprender el contexto del problema y las causas raíz de este.

*Tabla 1. Metodología para la definición del problema.*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
Describir los procesos involucrados en los que se recopilarán la información.	Identificar aquellas operaciones esenciales a analizar del proceso. que será objeto de estudio, para la recopilación y análisis de información.	SIPOC	Describir las operaciones del proceso que será objeto de estudio, para la recopilación y análisis de información.	7 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Diagramar de forma detallada y clara el funcionamiento del proceso.	Diagrama de Bloques	Documentar y analizar en detalle la información recopilada para comprender los procesos y sus interacciones.	7 días	Héctor Luis Altamirano Barrera

*Fuente: Elaboración propia.*

## 3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

La metodología para la medición y respaldo del proyecto presentada en un enfoque eficaz para recopilar y analizar datos sobre la operatividad de una flota vehicular. De igual forma, la metodología se basa en herramientas de análisis de datos, que permitan identificar variables clave, recopilar datos y generar reportes.

Con respecto a lo anterior, las actividades de la metodología están diseñadas para recopilar toda la información relevante sobre la flota, incluyendo las variables clave, el rendimiento de los vehículos y las fallas críticas. Esta información es esencial para evaluar el rendimiento de la flota y tomar medidas para mejorarlo.

*Tabla 2. Metodologías para la medición y respaldo del proyecto.*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
Recopilar estadísticas de la operatividad en la flota vehicular.	Identificar variables claves relacionadas con la operatividad de los vehículos.	Análisis de datos	Identificar las variables clave que influyen en la operatividad de la flota vehicular.	5	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Iniciar la recopilación de datos en todos los vehículos de la flota.	Análisis de datos	Esta actividad implica el inicio de la recopilación de datos en cada vehículo de la flota, se utilizará como ayuda el programa de la empresa que es un sistema	5	Héctor Luis Altamirano Barrera

			seguimiento vehicular por GPS (sistema de posicionamiento global) mediante la plataforma t42 online (en línea) de la empresa.		
	Generar reportes mensuales sobre la recopilación de datos.	Análisis de datos	Se generarán reportes que resuman la recopilación de datos, identifiquen tendencias y destaquen fallas críticas.	7	Héctor Luis Altamirano Barrera

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

La metodología para la propuesta de mejora presentada en la tabla 3 es un enfoque para identificar las causas raíz de las averías y los fallos más recurrentes en una flota vehicular.

La metodología se basa en las herramientas de análisis de causa raíz, el diagrama de Pareto y el multivoto.

La metodología es eficaz para identificar las causas raíz de las averías y los fallos más recurrentes en una flota vehicular. Igualmente, las actividades de la metodología están diseñadas para recopilar toda la información relevante sobre los problemas, incluyendo las causas fundamentales, la gravedad y el impacto

De manera que, está información es esencial para desarrollar iniciativas de mejora efectivas.

*Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora.*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
Analizar las causas raíz de las averías y los fallos más recurrentes en la flotilla vehicular.	Realizar análisis de causa raíz de los problemas identificados.	Diagrama Ishikawa, 5 porqués	Utilizar herramientas de análisis de causa raíz para identificar las causas fundamentales de los problemas	6	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Clasificar y categorizar las fallas registradas.	Diagrama Pareto	Definir categorías para las fallas y clasificarlas según su gravedad o impacto.	3	Héctor Luis Altamirano Barrera

	Convocar a las gerencias relacionadas con el mantenimiento para que voten por los problemas que consideren más críticos.	Multivoto	Solicitar a los participantes que emitan votos para priorizar las iniciativas de mejora en los problemas más críticos.	1 día	Héctor Luis Altamirano Barrera
--	--	-----------	--	-------	--------------------------------

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La metodología para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo presentada es un enfoque para implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en las características y necesidades específicas de los vehículos utilizados por Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.

En cuanto a, las actividades de la metodología están diseñadas para recopilar toda la información relevante sobre los vehículos, incluyendo sus características, necesidades de mantenimiento y rendimiento; lo cual es esencial para diseñar un plan de mantenimiento preventivo eficaz.

*Tabla 4. Metodología para la propuesta de mejora.*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
Implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en las características y necesidades específicas de los vehículos utilizados por Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	Evaluación de la flotilla vehicular	Listado de vehículos, informes	Realizar una evaluación exhaustiva de la flotilla vehicular para identificar las necesidades de mantenimiento específicas de cada tipo de vehículo.	15 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Diseñar y desarrollar indicadores clave de rendimiento (KPI's)	Análisis de datos	Determinar las áreas dentro del proceso de mantenimiento de la flotilla vehicular que son críticas para la eficiencia y requieren medición.	15	Héctor Luis Altamirano Barrera

	Realizar pruebas piloto de los KPI's.	Vehículo de prueba y simulación	Probar los KPI's en situaciones controladas para garantizar su eficacia antes de su implementación completa.		Héctor Luis Altamirano Barrera
	Diseñar un plan de mantenimiento que incluya tareas de programación de mantenimientos según los kilómetros o horas de los vehículos.	Plantillas predefinidas de plan de mantenimiento.	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que incorpore las recomendaciones de los manuales de usuario, así como los conocimientos del personal mecánico y de mantenimiento. Esto incluye tareas específicas, programación de mantenimientos.	15 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Evaluación y ajustes.	Registros de mantenimiento, informes.	Realizar evaluaciones del plan de mantenimiento preventivo y realizar ajustes en función de los resultados y la retroalimentación del personal de mantenimiento y los mecánicos.	7 días	Héctor Luis Altamirano Barrera

	Comunicar la implementación de KPI's y planes de mantenimiento al personal.	Comunicación interna	Asegurar que todos los miembros del equipo estén al tanto de la implementación de los KPI's y planes de mantenimiento para que comprendan su importancia.	7 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
--	---	----------------------	---	--------	--------------------------------

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

La metodología para el control y seguimiento de resultados de la mejora presentada es un enfoque para establecer un mecanismo de control para la comunicación, retroalimentación y alerta temprana de inconformidades en el proceso de mantenimiento, fallas, anomalías y defectos.

También, las actividades de la metodología están diseñadas para recopilar toda la información relevante sobre las inconformidades, fallas, anomalías y defectos, incluyendo su

naturaleza, frecuencia, gravedad y causas. Además, es esencial para identificar tendencias, tomar medidas correctivas y mejorar el proceso de mantenimiento.

*Tabla 5. Metodología para el control y seguimiento de resultados de la mejora.*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
Establecer un mecanismo de control para la comunicación, retroalimentación y alerta temprana de inconformidades en el proceso de mantenimiento, fallas, anomalías y defectos.	Identificación de canales de comunicación	Matriz de comunicación	Identificar y establecer canales de comunicación efectivos para que el personal de mantenimiento, los operadores y otros involucrados puedan reportar inconformidades, fallas, anomalías y defectos de manera rápida y precisa.	5 días	Héctor Luis Altamirano Barrera

	Diseño de procedimientos de reporte	Hojas de verificación	Desarrollar procedimientos claros y detallados para que los empleados informen sobre problemas de mantenimiento, estableciendo pasos concretos para la notificación y documentación.	6 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
	Retroalimentación y ajustes.	Reuniones de revisión, informes	Realizar reuniones para revisar el proceso de comunicación y alerta temprana. Realizar ajustes según sea necesario para mejorar la eficiencia y la efectividad.	5 días	Héctor Luis Altamirano Barrera

	Definir Umbrales de Alerta	Documentación	Establecer umbrales de alerta para cada KPI's que indiquen cuándo un valor esta fuera de los límites normales y requiere atención inmediata.	3 días	Héctor Luis Altamirano Barrera
--	----------------------------	---------------	--	--------	--------------------------------

*Fuente: Elaboración propia*

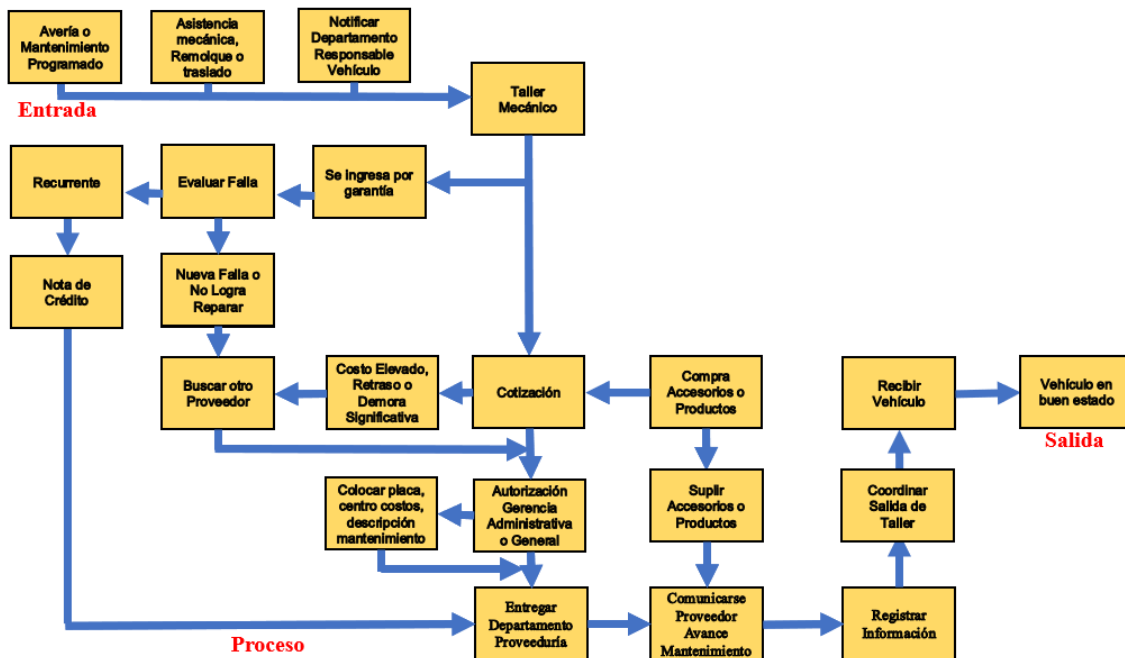
## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS CAUSA RAÍZ**

## 4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

### 4.1.1 Organización y funcionamiento del proceso

Las variables del proceso de mantenimiento se identificaron mediante un diagrama de bloques con el cual se describen las entradas, el funcionamiento del proceso y las salidas que serían vehículos en buen estado.

*Figura 15. Diagrama de bloques del proceso de mantenimiento.*



*Fuente: Elaboración propia.*

El mapa del proceso identifica muchas etapas críticas en el proceso de reparación de vehículos:

- Notificación de falla o mantenimiento programado: esta etapa comienza cuando el propietario de un vehículo notifica al taller una falla o mantenimiento programado.

- Remolque o transporte de vehículo: si el vehículo no puede ser conducido al taller, deberá ser remolcado o transportado.
- Evaluación de la falla: el mecánico evalúa la falla para determinar la causa y solución.
- Reparación: si la falla es reparable, el mecánico realizará las reparaciones necesarias.
- Retirada del vehículo más alto: una vez devuelto el vehículo se procede a su retirada del vehículo más alto.

El diagrama también identifica algunas decisiones que se deben tomar durante el proceso de reparación del vehículo:

- ¿Es este un error recurrente? si la avería se produce con frecuencia, el vehículo podrá ser admitido en garantía.
- ¿Es posible solucionar el problema? si la falla no se puede reparar, el personal de mantenimiento debe tomar una decisión sobre cómo proceder.

#### 4.1.2 Factores del proceso

Para documentar los elementos claves de las etapas que forman parte del proceso de mantenimiento se utilizó el diagrama SIPOC, con el cual se tiene la trazabilidad de donde se obtuvo la materia prima, quien brindo el servicio de mantenimiento, quienes utilizan los vehículos.

*Figura 16. Diagrama SIPOC del proceso de mantenimiento.*

Proceso Mantenimiento de Flotilla Vehicular				
S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Motores Limar	Baterías	Inspección	Vehículos en buen estado	Conductores
Veinsa Motors	Lubricantes y aditivos	Mantenimiento Preventivo	Reportes de Mantenimiento	Departamento de Operaciones
Repuestos El Trebol	Llantas	Ejecución de Reparaciones	Cumplimientos de Estándares de Seguridad	Departamento Comercial y Ventas
Petro-Canada	Herramientas	Pruebas y Ajustes	Eficiencia Operativa	Departamento de Contabilidad
Automecanix	Líquidos	Mantenimiento Predictivo	Historial de Mantenimiento	Alta dirección
Carr Supplies	Accesorios Vehiculares	Registro de Actividades	Documentación Legal	
Taller Sus Amigos	Repuestos Vehiculares	Recepción de vehículos	Seguimiento de Consumo de Combustible	
Taller César Reyes	Mangueras y acoples	Entrega de Vehículos	Historial de Garantías	
Centro de Diagnóstico Automotriz CHAVA	Manteados	Planificación de Mantenimiento	Registro de Inventario	
Taller Automotriz Herrera	Lingas para carga	Seguimiento y Programación Futura		
TecnoGrande	Servicios Técnicos			
Servicios Hidráulicos Rodríguez	Seguro Vehicular			
Mecánico Agrícola Marcos Campos	Asesoría trámites de póliza			
Baterías Villalobos	Combustible			
Ferretería EPA				
Maxi Repuestos				
Grúas Yuca				
Corredora de Seguros Karol Porras				
Instituto Nacional de Seguros				
Gasolinera Casaque				
Gasolinera Zavillana				

*Fuente: Elaboración propia*

El diagrama comienza con la llegada de un vehículo al taller, ya sea para mantenimiento programado o no programado; cuando el vehículo está averiado se debe llamar al INS (Instituto Nacional de Seguros) para que el seguro del vehículo cubra lo que es la asistencia en carretera que la mayoría de las veces lo que se ocupa es tener acceso a remolque y trasladarlo al taller. El personal de mantenimiento evalúa el vehículo y determina los requisitos de mantenimiento de este.

Con respecto a lo anterior, se pueden realizar las reparaciones necesarias o solicitar piezas o productos a los proveedores. Asimismo, cuando el vehículo ha sido reparado o equipado con las piezas o productos necesarios, se entrega al cliente.

En el diagrama SIPOC se identifican muchas etapas clave en el proceso de mantenimiento de la flota de vehículos:

- Entrada del vehículo al taller: esta etapa comienza cuando un vehículo llega al taller, ya sea para mantenimiento programado o por una emergencia.
- Evaluación del vehículo: el mecánico evalúa el vehículo para determinar los requisitos de mantenimiento.
- Reparación de vehículos: si su vehículo necesita reparaciones, comuníquese con un mecánico.
- Solicitud de repuestos o productos: si el vehículo requiere repuestos o productos, el mecánico contactará con los proveedores necesarios.
- Entrega del vehículo al cliente: una vez reparado o equipado el vehículo con las piezas o productos necesarios, se entrega al cliente.

Por otra parte, en este diagrama se identifican más actividades de toma de decisiones que se deben llevar a cabo durante el proceso de mantenimiento de la flota de vehículos; como las siguientes:

- ¿Se requiere mantenimiento programado para el vehículo? si el vehículo requiere mantenimiento programado, acudir a la sala de mantenimiento programado.
- ¿Su vehículo necesita reparaciones? si el vehículo requiere reparaciones, el mecánico debe determinar si las reparaciones pueden realizarse en el taller o deben ser realizadas por un profesional.

- ¿Su vehículo necesita repuestos o productos? si el vehículo requiere repuestos o productos, el mecánico debe determinar si los repuestos o productos se encuentran disponibles en el inventario o si deben obtenerse de proveedores.

## **4.2 EVALUACIÓN ACTUAL DE LOS KPI'S DE MANTENIMIENTO**

En cuanto a los KPI's (Indicadores de desempeño) en el proceso de mantenimiento no existen es decir hay ausencia de estos. De igual forma los únicos datos que se recopilan referentes al proceso de mantenimiento son los costos mensuales de mantenimiento, teniendo esto en cuenta se recopiló datos de los servicios que se brindan para mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos y atender averías.

Con respecto a lo anterior, en el apéndice 1 se describe a detalle los datos del primer cuatrimestre 2023, esto incluye descripción del mantenimiento realizado, proveedor que brindo el servicio, fechas de ingreso y salida de taller, y costos de mantenimiento. Además, los datos recopilados servirán para que en la etapa de implementar se puedan crear KPI's e implementarlos en el proceso de mantenimiento; se utilizarán para la etapa de analizar en la cual se encontrará la causa raíz.

### **4.2.1 Costos de mantenimiento**

Se recopilaron datos de los costos de mantenimientos los cuales están conformados por servicios brindados, compra de productos, accesorios y repuestos.

**Tabla 6.** Reporte de costos de mantenimiento del I cuatrimestre 2023.

Mes	Averías	Correctivos	Preventivos	Total
ene-23	₡ 745 708,70	₡ 1 512 159,06	₡ 82 250,99	₡ 2 340 118,75
feb-23	₡ 796 424,00	₡ 3 341 793,49	₡ 634 594,07	₡ 4 772 811,56
mar-23	₡ 682 692,01	₡ 5 673 880,58	₡ 760 323,01	₡ 7 116 895,60
abr-23	₡ 388 052,70	₡ 1 899 015,00	₡ 356 176,00	₡ 2 643 243,70
Total por cuatrimestre	₡ 2 612 877,41	₡ 12 426 848,13	₡ 1 833 344,07	₡ 16 873 069,61
Límite de costos establecido por cuatrimestre	₡ 15 000 000,00			
% de costo total por cuatrimestre con respecto al límite	17,42%	82,85%	12,22%	112,49%

*Fuente: Elaboración propia.*

El costo total de mantenimiento del I cuatrimestre fue de 16 873 069,61 colones, esta cantidad representa el 112% del límite de costos establecido por cuatrimestre. También, el límite establecido por cuatrimestre de 15 000 000,00 colones fue superado en un 12%; esto sugiere que se requieren medidas para reducir los costos de mantenimiento.

Los costos asociados a la reparación de eventos inesperados del vehículo se conocen como averías. El costo de las averías fue de 2 612 877,41 colones en el primer cuatrimestre, esto representa el 15,49% del coste total de mantenimiento.

Los costos correctivos son los costos asociados con la reparación de fallas que podrían haberse evitado con un mantenimiento adecuado. Asimismo, estos costos correctivos sumaron 12 426 848,13 colones en el primer cuatrimestre y representa el 73,65% del coste total de mantenimiento.

Los costos de mantenimiento preventivo son aquellos asociados al mantenimiento programado del vehículo, la suma de estos costos fue de 1 833 344,07 colones en el primer cuatrimestre y representa el 10,87% del coste total de mantenimiento.

**Tabla 7.** Reporte de costos de cantidad de mantenimiento del I cuatrimestre 2023.

<b>Mantenimientos</b>				
Mes	Averías	Correctivos	Preventivos	Total
ene-23	3	3	2	8
feb-23	9	10	13	32
mar-23	4	6	6	16
abr-23	3	10	6	19
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>75</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

El número de averías para el primer cuatrimestre fue de 19 y representa el 25,33% del total de mantenimientos realizados, lo que implica que se podrían realizar más mantenimientos preventivos para evitar averías.

El número de acciones correctivas realizadas durante el primer cuatrimestre fue de 29 y representa el 40% del total del mantenimiento realizado, lo cual es relativamente alto; esto implica que es necesario mejorar los procesos de mantenimiento preventivo.

El número de medidas preventivas tomadas durante el primer cuatrimestre fue de 27 y este monto representa el 34,67% del total de mantenimientos realizados.

En la siguiente tabla se presentan datos operativos del funcionamiento e inactividad de la flota vehicular durante el I cuatrimestre, los tiempos de funcionamiento se refieren al tiempo en que las unidades estuvieron en uso, mientras que los tiempos de inactividad se refieren a los lapsos de tiempos en que el vehículo estuvo en mantenimientos o averías.

**Tabla 8.** Reporte de tiempos de funcionamiento e inactividad del I cuatrimestre 2023.

<b>Tiempo funcionamiento e inactividad de la flota</b>		
<b>Mes</b>	<b>Tiempo Total Funcionando (horas)</b>	<b>Tiempo Total de Inactividad (horas)</b>
ene-23	5461,28	304,72
feb-23	4929,00	279,00
mar-23	5411,68	354,32
abr-23	5061,02	518,98
<b>Total</b>	20862,98	1457,02
<b>Tiempo teórico de funcionamiento por cuatrimestre</b>	22320,00	
<b>% funcionamiento</b>	93,47%	
<b>% inactividad</b>	6,53%	

*Fuente: Elaboración propia.*

El tiempo total de operación de la flota durante el primer cuatrimestre fue de 20 862,98 horas; esta suma representa el 93,47% del tiempo teórico de funcionamiento.

En cuanto al tiempo total que la flota estuvo inactiva durante el primer cuatrimestre fue de 1 457,02 horas. Esta suma representa el 6,53% del tiempo teórico de funcionamiento.

La distribución de horas de trabajo por mes muestra que el mes con menos horas de trabajo fue abril, con 5 061,02 horas. El mes con más horas trabajadas fue enero, con 5 461,28 horas.

## **4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

### **4.3.1 Análisis de fallas en la flota vehicular**

Con los datos recolectados se extrajo información valiosa con la cual se logró identificar las fallas más pronunciadas que afectan la flota vehicular.

**Tabla 9.** Frecuencia de fallas destacadas en la flota vehicular.

Nº	Fallas	Cantidad de Fallas	Porcentaje Frecuencia	Porcentaje frecuencia acumulada
1	Cortocircuito en Sistema Eléctrico	18	21,69%	21,69%
2	Fallos sensores Sistema de Inyección	15	18,07%	39,76%
3	Daños en conjunto de clutch del sistema de transmisión	11	13,25%	53,01%
4	Corrosión y Daños Carrocería	6	7,23%	60,24%
5	Desgaste componentes internos de sistemas principales	6	7,23%	67,47%
6	Sobrecalentamiento en el motor	4	4,82%	72,29%
7	Desgaste en pastillas, zapatas y discos del sistema de frenos	4	4,82%	77,11%
8	Problemas en bomba y faja del sistema de dirección	4	4,82%	81,93%
9	Daños Filtros Sistema de Combustible	2	2,41%	84,34%
10	Falta de alineación y balanceo de neumáticos	2	2,41%	86,75%
11	Bajo nivel de aceite en el sistema de lubricación	2	2,41%	89,16%
12	Fugas en el sistema de enfriamiento	2	2,41%	91,57%
13	Fugas de gases en el sistema de escape	2	2,41%	93,98%
14	Anomalías en el sistema de suspensión	1	1,20%	95,18%
15	Presión excesiva en el sistema de levante	1	1,20%	96,39%
16	Batería en mal estado	1	1,20%	97,59%
17	Impactos o golpes en vidrios	1	1,20%	98,80%
18	Luces quebradas y mal funcionamiento de los relés	1	1,20%	100,00%

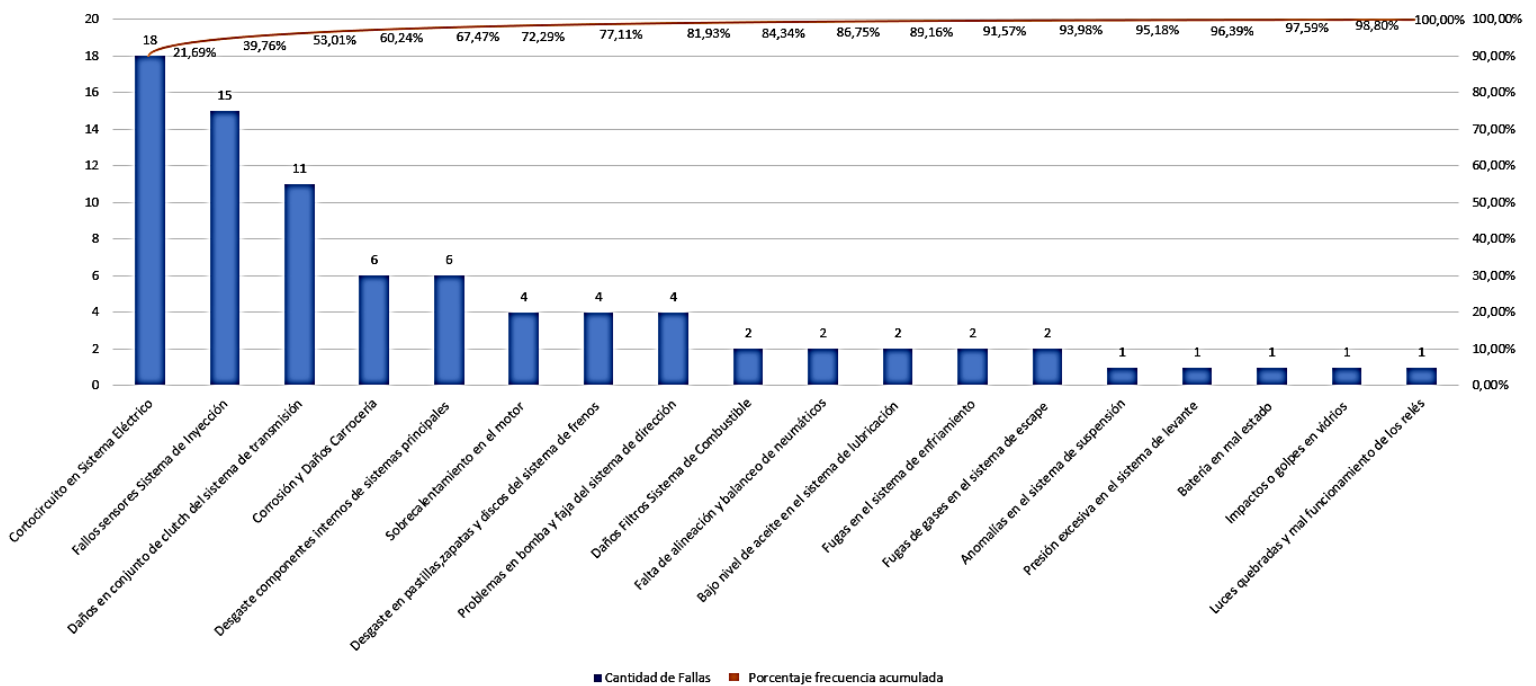
Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de datos se pueden identificar los siguientes puntos de interés:

Las fallas más comunes son cortocircuitos en el sistema eléctrico (21,69%), fallos de sensores en el sistema de inyección (18,07%) y daños en el embrague del sistema de transmisión (13,25%). Asimismo, estos tres tipos de fallas representan el 53,01% del total de fallas.

Los fallos menos comunes incluyen anomalías en el sistema de suspensión (1,20%), presión excesiva en el sistema de levante (1,20%), batería defectuosa (1,20%), golpes o cortes en el cristal (1,20 %), y luces rotas y frenos averiados (1,20%). Además, estos cinco tipos de defectos representan el 6,02% del total de defectos.

**Figura 17.** Diagrama Pareto de fallas destacadas.



*Fuente: Elaboración propia.*

Las fallas más comunes representan el 53,01% de todas las fallas, lo que indica que requieren la mayor atención. También, se concentran en los siguientes tres sistemas:

- Sistema eléctrico.
- Sistema de inyección.
- Sistema de transmisión.

Por otra parte, las fallas en el sistema eléctrico pueden deberse a una variedad de factores, que incluyen:

- Fallas de componentes eléctricos.
- Instalación o mantenimiento inadecuado de componentes eléctricos.
- Problemas con el suministro de energía eléctrica.

Las fallas asociadas con los sensores del sistema de inyección pueden ser causadas por una variedad de factores, que incluyen:

- Deficiencias sensoriales
- Problemas de instalación o mantenimiento del sensor
- Problemas con el combustible o el aceite.

El daño al conjunto del embrague del sistema de transmisión puede deberse a una variedad de factores, que incluyen:

- Uso excesivo del embrague.
- Fallos de componentes del embrague.
- Instalación o mantenimiento inadecuado del embrague.

#### **4.3.2 Clasificación de fallas**

Se analizaron las frecuencias de las fallas más destacadas en la flota vehicular y se le asignó una clasificación a cada falla, con lo cual se tiene mayor claridad sobre la severidad de cada una de las fallas.

*Tabla 10. Clasificación de fallas destacadas en la flota vehicular.*

N°	Fallas	Clasificación		% Acumulado	# Fallas
1	Cortocircuito en Sistema Eléctrico	A	Críticas	53,01%	3
2	Fallos sensores Sistema de Inyección				
3	Daños en conjunto de clutch del sistema de transmisión				
4	Corrosión y Daños Carrocería	B	Mayores	28,92%	5
5	Desgaste componentes internos de sistemas principales				
6	Sobrecalentamiento en el motor				
7	Desgaste en pastillas, zapatas y discos del sistema de frenos				
8	Problemas en bomba y faja del sistema de dirección	C	Menores	12,05%	5
9	Daños Filtros Sistema de Combustible				
10	Falta de alineación y balanceo de neumáticos				
11	Bajo nivel de aceite en el sistema de lubricación				
12	Fugas en el sistema de enfriamiento				
13	Fugas de gases en el sistema de escape	D	Incidentales	6,02%	5
14	Anomalías en el sistema de suspensión				
15	Presión excesiva en el sistema de levante				
16	Batería en mal estado				
17	Impactos o golpes en vidrios				
18	Luces quebradas y mal funcionamiento de los relés				
	Total			100%	18

*Fuente: Elaboración propia.*

Las fallas más críticas son las relacionadas con el sistema eléctrico, inyección y transmisión, con una frecuencia acumulada del 53,01%. Además, son los fallos más comunes porque pueden provocar graves daños en el vehículo, incluidos incendios.

Luego, las fallas mayores son las de carrocería, sistemas principales, motores, sistemas de enfriamiento y sistemas de dirección, con una frecuencia acumulada del 28,92%. Por consiguiente, estos fallos también son importantes ya que pueden provocar averías graves en el vehículo.

Las fallas menores son las asociadas al sistema de combustible, sistema de suspensión, sistema de lubricación, sistema de enfriamiento y sistema de escape, con una frecuencia

acumulada de 12,05%. En todo caso, pueden causar molestias o inconvenientes a los usuarios.

Las fallas incidentales incluyen aquellas asociadas a anomalías o defectos de componentes, uso excesivo del vehículo y mala instalación o mantenimiento de componentes, con una frecuencia acumulada del 6,02%. Y las fallas menos graves por lo general no provocan un mal funcionamiento del vehículo.

### 4.3.3 Evaluación técnica de las fallas

Los modelos de los vehículos andan alrededor de 2 a 3 años de diferencia, por lo tanto, la parte de antigüedad no influye mucho en aspectos como que los vehículos registren un más kilometraje o que requieran de mantenimientos muy frecuentes.

Se realizó un estudio técnico para determinar los síntomas de cada una de las fallas presentes en la flota vehicular y se plantearon posibles acciones correctivas para las fallas de mayor severidad y acciones preventivas para las de menor severidad.

**Tabla 11.** Síntomas, correcciones y evaluación de costos de las fallas destacadas.

Fallas	Síntomas	Corrección	Costo del mantenimiento	Acumulado
Cortocircuito en Sistema Eléctrico	Fallos eléctricos, luces intermitentes	Revisar y reparar el sistema eléctrico.	€ 450 000,00	
Fallos sensores Sistema de Inyección	Pérdida de potencia, luces de advertencia	Reemplazar o ajustar los sensores del sistema de inyección.	€ 1 200 000,00	€ 2 250 000,00
Daños en conjunto de clutch del sistema de transmisión	Dificultad al cambiar de marcha, ruido anormal	Reparar o reemplazar el conjunto de clutch.	€ 600 000,00	
Corrosión y Daños Carrocería	Oxidación visible, agujeros en la carrocería	Reparar la carrocería y tratar la corrosión.	€ 250 000,00	
Desgaste componentes internos de sistemas principales	Ruido anormal, pérdida de potencia	Reparar o reemplazar componentes internos desgastados.	€ 60 000,00	
Sobrecalentamiento en el motor	Temperatura del motor alta, humo del motor	Diagnosticar y resolver la causa del sobrecalentamiento.	€ 120 000,00	€ 905 000,00
Desgaste en pastillas, zapatas y discos del sistema de frenos	Pérdida de potencia de frenado, chirridos	Reemplazar pastillas, zapatas y discos de frenos desgastados.	€ 175 000,00	
Problemas en bomba y faja del sistema de dirección	Dificultad al girar, ruido al girar el volante	Reparar o reemplazar la bomba y la faja del sistema de dirección.	€ 300 000,00	
Daños Filtros Sistema de Combustible	Pérdida de potencia, fallos en el motor	Reemplazar los filtros del sistema de combustible.	€ 40 000,00	
Falta de alineación y balanceo de neumáticos	Vibración en el volante, desgaste irregular de los neumáticos	Realizar alineación y balanceo de neumáticos.	€ 30 000,00	
Bajo nivel de aceite en el sistema de lubricación	Ruido del motor, advertencia de bajo aceite	Completar el nivel de aceite del sistema de lubricación.	€ 8 000,00	€ 398 000,00
Fugas en el sistema de enfriamiento	Pérdida de líquido refrigerante, sobrecalentamiento	Reparar las fugas en el sistema de enfriamiento.	€ 120 000,00	
Fugas de gases en el sistema de escape	Ruido anormal, emisiones de escape visibles	Reparar las fugas en el sistema de escape.	€ 200 000,00	
Anomalías en el sistema de suspensión	Movimiento excesivo del vehículo, pérdida de estabilidad	Reemplazar amortiguadores y barras estabilizadoras.	€ 100 000,00	
Presión excesiva en el sistema de levante	Comportamiento errático del sistema de levante	Regular la presión del sistema de levante.	€ 40 000,00	
Batería en mal estado	Dificultad al arrancar, fallos eléctricos	Reemplazar la batería si es necesario.	€ 65 000,00	€ 365 000,00
Impactos o golpes en vidrios	Grietas en los vidrios, pérdida de visibilidad	Reparar o reemplazar los vidrios afectados.	€ 100 000,00	
Luces quebradas y mal funcionamiento de los relés	Luces apagadas, problemas eléctricos	Reemplazar las luces y reparar los relés.	€ 60 000,00	
Total				€ 3 918 000,00

Fuente: Elaboración propia.

El costo total del mantenimiento de la flota de vehículos es de 3 918 000,00 colones. Este coste representa un gasto importante para la empresa, por lo que se deben tomar medidas para reducirlo.

Las fallas más costosas incluyen cortocircuitos en sistemas eléctricos (450 000,00 colones), fallos de sensores en el sistema de inyección (1 200 000,00 colones) y fallas de embrague en el sistema de transmisión (600 000,00 colones), que representan el 57,43% del costo total de mantenimiento.

Las fallas menos costosas son reemplazar los filtros en el sistema de combustible (40 000,00 colones), no alinear, mantener la presión en el sistema de elevación (40 000,00 colones), realizar la alineación y equilibrio de la neumática (30 000,00 colones), y tener un bajo nivel de aceite en el sistema de lubricación (8 000,00 colones), que representan el 3,01% del coste total de mantenimiento.

Por otra parte, la clasificación de fallas críticas (2 250 000,00 colones) representan el 57,43% del costo total del mantenimiento, mayores (905 000,00 colones) representan el 23,10% del costo total del mantenimiento, menores (398 000,00 colones) representan el 10,16% del costo total del mantenimiento y las incidentales (365 000,00 colones) representan el 9,32% del costo total del mantenimiento.

## 4.4 ANÁLISIS DE CAUSAS

### 4.4.1 Causas potenciales

Con los estudios técnicos de fallas realizados se determinaron las posibles causas que ocasionan ineficiencias en el proceso de mantenimiento, en el diagrama Ishikawa las causas se encuentran clasificadas por 6 categorías mediciones, mano de obra, material, medio ambiente, máquinas y método.

*Figura 18. Diagrama Ishikawa de ineficiencias en el mantenimiento.*



*Fuente: Elaboración propia.*

El diagrama se divide en seis categorías: método, materiales, mano de obra, medio ambiente, maquinaria y medición.

Las causas asociadas a la categoría método, máquina y medición se pueden atribuir a una falta de planificación y organización en el proceso de mantenimiento.

Las causas asociadas a la categoría mano de obra pueden atribuirse a la falta de capacitación y experiencia del personal de mantenimiento.

Las causas asociadas a la categoría materiales pueden atribuirse a una falta de control de calidad de los productos usados.

Las causas relacionadas con la categoría medio ambiente pueden atribuirse a condiciones ambientales adversas.

#### **4.4.2 Priorización de causas por multivoto**

Para seleccionar las causas de mayor importancia se aplicó un multivoto al personal relacionado con el área de mantenimiento.

Con respecto a lo anterior, se realizó una reunión con el supervisor de logística, gerencia de operaciones, y gerencia general con el fin de tratar el tema de las ineficiencias en el mantenimiento y aplicar el multivoto; se les compartió mediante un enlace el formulario en el que tenían la opción de votar para asignarles un valor a las causas de ineficiencias en el mantenimiento.

Se utilizaron los siguientes valores para aplicar la técnica:

- Valor asignado 1: Muy poco importante
- Valor asignado 2: Poco importante
- Valor asignado 3: Algo importante
- Valor asignado 4: Moderadamente importante
- Valor asignado 5: Importante
- Valor asignado 6: Muy importante

- Valor asignado 7: Extremadamente importante

*Tabla 12. Multivoto de causas de ineficiencias en el mantenimiento.*

<b>N° Causa</b>	<b>Causa</b>	<b>Categorías</b>	<b>Supervisor de Logística</b>	<b>Gerencia Operaciones</b>	<b>Gerencia Administrativa</b>	<b>Gerencia General</b>	<b>Suma</b>
1	Falta de procedimientos de mantenimiento adecuados	Método	7	7	7	7	28
2	Sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento	Mediciones	7	7	7	7	28
3	Falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos	Mediciones	7	7	7	7	28
4	Falta de mantenimiento regular de vehículos	Máquinas	7	7	7	7	28
5	Inadecuada gestión del tiempo durante el proceso de reparación	Mano de Obra	3	5	3	4	15
6	Uso incorrecto de herramientas o equipos	Máquinas	2	3	3	5	13
7	Falta de establecimiento de procesos efectivos de comunicación	Método	3	2	3	5	13

	entre conductores y personal de mantenimiento						
8	Falta de seguimiento y registro de mantenimiento	Mediciones	2	2	5	3	12
9	Errores humanos en la instalación de componentes	Mano de Obra	2	3	5	2	12
10	Falta de seguimiento y retroalimentación después de completar el trabajo	Mano de Obra	3	4	2	2	11
11	Suministro inconsistente de piezas de repuesto	Material	3	2	2	3	10
12	Falta de inspección en la calidad de los materiales	Material	3	3	2	2	10
13	Temperaturas extremas afectando los componentes	Medio Ambiente	4	2	2	2	10
14	Herramientas defectuosas o inadecuadas para el trabajo	Máquinas	4	3	2	1	10
15	Uso de repuestos de baja calidad	Material	3	3	2	1	9
16	Falta de seguimiento de protocolos de servicio	Método	3	2	1	2	8

17	Humedad y corrosión debido al ambiente	Medio Ambiente	3	2	1	1	7
18	Polvo y suciedad acumulados que afectan la funcionalidad de los sistemas	Medio Ambiente	4	1	1	1	7
	Total						259

*Fuente: Elaboración propia.*

Las causas más importantes de inconsistencias en el mantenimiento son aquellas relacionadas con el método y la medición. De igual forma, las causas relacionadas con el trabajo y el medio ambiente también son importantes, aunque en menor medida.

Por último, las causas asociadas a materiales y máquinas son menos significativas.

A continuación, se presenta el análisis de datos de las votaciones realizadas en el multivoto, en el cual se extrajeron datos de las frecuencias de para extraer información y determinar la importancia de cada causa.

**Tabla 13.** *Análisis de datos del multivoto.*

Nº Causa	Causa	% Causa	% Causa Acumulada	Votos	% Frecuencia	Frecuencia Acumulada
1	Falta de procedimientos de mantenimiento adecuados	5,56	5,56	28	10,81%	10,81%
2	Sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento	5,56	11,11	28	10,81%	21,62%
3	Falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos	5,56	16,67	28	10,81%	32,43%
4	Falta de mantenimiento regular de vehículos	5,56	22,22	28	10,81%	43,24%
5	Inadecuada gestión del tiempo durante el proceso de reparación	5,56	27,78	15	5,79%	49,03%
6	Uso incorrecto de herramientas o equipos	5,56	33,33	13	5,02%	54,05%
7	Falta de establecimiento de procesos efectivos de comunicación entre conductores y personal de mantenimiento	5,56	38,89	13	5,02%	59,07%
8	Falta de seguimiento y registro de mantenimiento	5,56	44,44	12	4,63%	63,71%
9	Errores humanos en la instalación de componentes	5,56	50,00	12	4,63%	68,34%
10	Falta de seguimiento y retroalimentación después de completar el trabajo	5,56	55,56	11	4,25%	72,59%
11	Suministro inconsistente de piezas de repuesto	5,56	61,11	10	3,86%	76,45%
12	Falta de inspección en la calidad de los materiales	5,56	66,67	10	3,86%	80,31%
13	Temperaturas extremas afectando los componentes	5,56	72,22	10	3,86%	84,17%
14	Herramientas defectuosas o inadecuadas para el trabajo	5,56	77,78	10	3,86%	88,03%
15	Uso de repuestos de baja calidad	5,56	83,33	9	3,47%	91,51%
16	Falta de seguimiento de protocolos de servicio	5,56	88,89	8	3,09%	94,59%
17	Humedad y corrosión debido al ambiente	5,56	94,44	7	2,70%	97,30%
18	Polvo y suciedad acumulados que afectan la funcionalidad de los sistemas	5,56	100,00	7	2,70%	100,00%
	Total	100,00		259	100,00%	

*Fuente: Elaboración propia.*

Con un porcentaje del 26,25%, la categoría de mediciones tiene la mayor proporción de causas de ineficiencias; esto incluye factores como sistemas de medición inadecuados para evaluar el desempeño, falta de análisis de datos para identificar tendencias en fallas y falta de seguimiento y registro de mantenimiento.

La categoría de máquinas es la segunda categoría con el mayor porcentaje de causas de ineficiencias con un 19,69%; Incluye causas como falta de mantenimiento regular de vehículos, uso incorrecto de herramientas o equipos, herramientas defectuosas o inadecuadas para el trabajo.

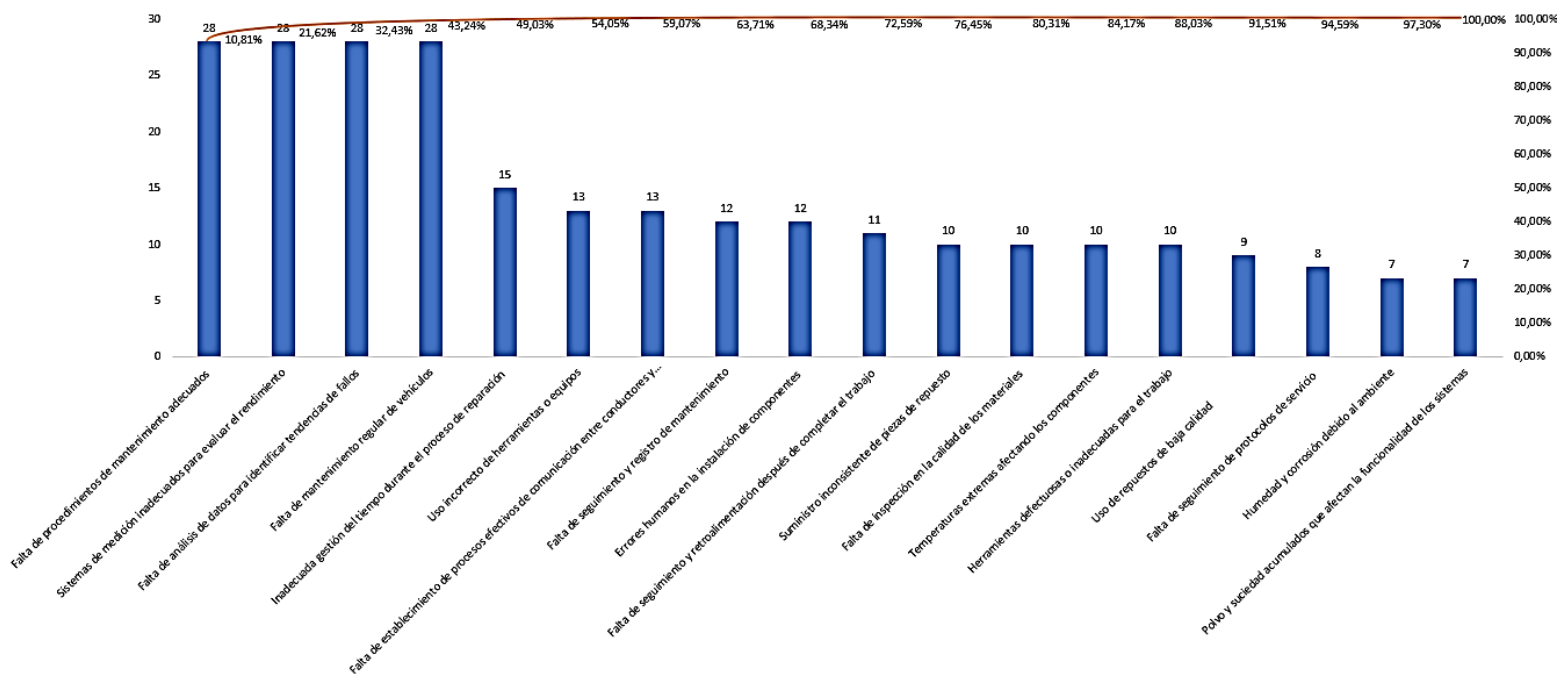
La categoría de método es la tercera causa más común de ineficiencias, representa el 18,92% de todas las ineficiencias e incluye problemas como la falta de procedimientos de mantenimiento adecuados, la falta de procesos de comunicación efectivos entre los conductores y el personal de mantenimiento y el incumplimiento del servicio. protocolos.

La mano de obra es la cuarta categoría con el mayor porcentaje de causas de ineficiencias con un 14,67%, incluye causas como errores humanos en la instalación de componentes, falta de seguimiento y retroalimentación después de completar el trabajo y la inadecuada gestión del tiempo. durante el proceso de reparación.

El material es la quinta causa más común de ineficiencias, representando el 11,20% del total. Esta categoría incluye causas como el uso de piezas de repuesto de baja calidad, entrega desigual de piezas de repuesto y falta de inspección de la calidad del material.

El medio ambiente es la sexta categoría, con el menor porcentaje de causas de ineficiencias con un 9,27%; esto incluye factores como temperaturas extremas que afectan los componentes, polvo y suciedad acumulados que afectan la funcionalidad del sistema, y humedad y corrosión causadas por el medio ambiente.

**Figura 19.** Diagrama Pareto de las causas.







*Fuente: Elaboración propia.*

Las causas extremadamente importantes de las fallas incluyen la falta de procedimientos de mantenimiento (10,81%), sistemas de medición insuficientes para evaluar el desempeño (10,81%), falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallas (10,81%) y falta de seguimiento regular. mantenimiento de vehículos (10,81%). Además, las cuatro causas más comunes de inconformidades representan el 43,24% de todas las ineficiencias.

### 4.5.5 Causa raíz

Con los datos recolectados se analizaron y se logró identificar las causas más pronunciadas que afectan la flota vehicular.





*Figura 20. 5 porqués de la causa falta de procedimientos de mantenimiento adecuados.*

Causa Principal	¿Por qué? #1	¿Por qué? #2	¿Por qué? #3	¿Por qué? #4	¿Por qué? #5
Falta de procedimientos de mantenimiento adecuados	¿Por qué hay falta de procedimientos de mantenimiento adecuados?	¿Por qué no se han establecido pautas específicas para el mantenimiento?	¿Por qué no se asignaron recursos ni personal para desarrollar procedimientos de mantenimiento?	¿Por qué la dirección no reconoció la importancia de implementar procedimientos de mantenimiento en la operación?	¿Por qué no se ha comunicado de manera efectiva los beneficios de los procedimientos de mantenimiento?
	Porque no se han establecido pautas específicas para el mantenimiento de activos y equipos en la empresa.				
		Porque no se asignaron recursos ni personal para desarrollar procedimientos de mantenimiento.			
			Porque la dirección no reconoció la importancia de implementar procedimientos de mantenimiento en la operación.		
				Porque no se comunicaron de manera efectiva los beneficios de tener procedimientos de mantenimiento en términos de eficiencia y reducción de costos.	
					Porque no se había realizado un análisis exhaustivo que respaldara la necesidad de implementar planes de mantenimiento como parte integral de la gestión de activos.

*Fuente: Elaboración propia.*

El análisis de los cinco porqués de la falta de procedimientos de mantenimiento adecuados identifica cinco causas raíz que pueden contribuir al problema; están asociadas con una falta de conocimiento o experiencia en la gestión de actividades, una falta de prioridades de la empresa para la gestión de actividades y una falta de comunicación efectiva.





**Figura 21.** 5 porqués de la causa sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento.

Causa Principal	¿Por qué? #1	¿Por qué? #2	¿Por qué? #3	¿Por qué? #4	¿Por qué? #5
Sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento	¿Por qué los sistemas de medición no son adecuados para evaluar el rendimiento?	¿Por qué no se han actualizado para satisfacer las necesidades y avances tecnológicos actuales?	¿Por qué no hay un presupuesto asignado para la modernización?	¿Por qué la dirección no comprende completamente la importancia y no aprecia el impacto en la eficiencia?	¿Por qué hay falta de información detallada sobre los beneficios concretos?
	Porque no se han actualizado para satisfacer las necesidades y avances tecnológicos actuales.				
		Porque no hay un presupuesto asignado para la modernización de los sistemas de medición.			
			Porque la dirección no comprende completamente la importancia de contar con sistemas de medición actualizados y no aprecia cómo impactan en la eficiencia del mantenimiento.		
				Por falta de información detallada sobre los beneficios concretos que los sistemas de medición actualizados aportarían al rendimiento y a la eficacia del mantenimiento.	
					Porque no se han implementado KPIs de mantenimiento que demuestren clara y cuantificablemente cómo los sistemas de medición actualizados mejoran la eficiencia y reducen los costos en el mantenimiento.

*Fuente: Elaboración propia.*

La técnica de los cinco porqués explica la causa de sistemas de medición inadecuadas para evaluar el rendimiento al identificar cinco causas fundamentales que pueden contribuir al problema; están asociadas a la falta de recursos para la implementación de KPI's de mantenimiento, la resistencia al cambio por parte de la gerencia y la falta de información detallada sobre los beneficios concretos de los sistemas de medición actualizados.





**Figura 22.** 5 porqués de la causa falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos.

Causa Principal	¿Por qué? #1	¿Por qué? #2	¿Por qué? #3	¿Por qué? #4	¿Por qué? #5
Falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos	¿Por qué falta el análisis de datos para identificar tendencias de fallos?	¿Por qué no se realiza una recopilación sistemática y centralizada de datos?	¿Por qué no hay un sistema integrado de recopilación de datos de mantenimiento?	¿Por qué no hay inversión en tecnología y herramientas especializadas?	¿Por qué la dirección no percibe completamente la importancia estratégica?
	Porque no se realiza una recopilación sistemática y centralizada de datos relacionados con el rendimiento y las fallas de los vehículos.				
		Porque no hay un sistema integrado que permita la recopilación eficiente de datos de mantenimiento.			
			Por falta de inversión en tecnología y herramientas especializadas que faciliten la recopilación y análisis de datos de mantenimiento.		
				Porque la dirección no percibe completamente la importancia estratégica de utilizar datos para identificar tendencias y mejorar el mantenimiento.	
					Por falta de evidencia concreta y KPIs que demuestren cómo el análisis de datos puede optimizar las operaciones de mantenimiento, reducir costos y aumentar la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis de la técnica de los 5 porqués aplicada a la causa falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos se encuentran cinco causas raíz que pueden contribuir al problema, están asociadas a falta de recursos para implementar KPIs de mantenimiento, resistencia al cambio por parte de la dirección y falta de información detallada sobre los beneficios concretos de los sistemas de medición actualizados.

**Figura 23.** 5 porqués de la causa falta de mantenimiento regular de vehículos.

Causa Principal	¿Por qué? #1	¿Por qué? #2	¿Por qué? #3	¿Por qué? #4	¿Por qué? #5
Falta de mantenimiento regular de vehículos	¿Por qué falta el mantenimiento regular de equipos?	¿Por qué no se ha establecido un programa de mantenimiento preventivo?	¿Por qué la gerencia no ha asignado los recursos necesarios?	¿Comprende completamente los beneficios del mantenimiento preventivo?	¿Por qué hay falta de comunicación efectiva sobre los beneficios?
	Porque no hay un programa de mantenimiento preventivo establecido.				
		Porque la gerencia no ha asignado los recursos necesarios para desarrollar un programa de mantenimiento.			
			Porque no comprenden completamente los beneficios del mantenimiento preventivo o consideran que es costoso.		
				Por falta de comunicación efectiva sobre los beneficios y resultados positivos del mantenimiento preventivo.	
					Porque no se ha realizado una presentación adecuada de los datos y resultados que demuestren la eficacia del mantenimiento preventivo.

*Fuente: Elaboración propia.*

El análisis de las cinco razones de la falta de mantenimiento regular de los vehículos identifica cinco causas fundamentales que pueden contribuir al problema; estos incluyen la falta de tiempo o recursos para desarrollar procedimientos de mantenimiento, la falta de confianza en los beneficios de los procedimientos de mantenimiento y la falta de comprensión de los procedimientos de mantenimiento por parte de los empleados.

## 4.6 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.6.1 Hallazgos

Se analizaron los datos proporcionados en una tabla de multivoto, técnicas de análisis de datos, técnica de los 5 porqués para identificar las causas raíz de los problemas como resultado las causas de inconformidades más frecuentes son las relacionadas con el método y la medición.

Las causas de inconformidades menos frecuentes son las relacionadas con material y medio ambiente.

En cuanto a las inconformidades en el proceso de mantenimiento, se concluye lo siguiente:

- Las causas de inconformidades en el mantenimiento más frecuentes (falta de procedimientos de mantenimiento adecuados, sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento, falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos, falta de mantenimiento regular de vehículos) representan el 43,24%.
- Las categorías donde se encuentran las ineficiencias más frecuentes son mediciones representada por un 26,95%, máquinas representadas por un 19,69%, método representado por un 18,92%; las tres categorías representan el 63,86% de todas las ineficiencias reportadas.
- 

En cuanto al análisis de costos, se concluye que:

- Los costos de averías y correctivos representan el 89,13% del costo total de mantenimientos. Esto sugiere que la flota vehicular necesita un programa de mantenimiento preventivo más eficaz para reducir los costos de reparación.

- El costo total de mantenimientos superó el límite establecido por cuatrimestre en un 12,49%. Esto sugiere que se necesitan medidas para reducir los costos de mantenimiento.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## 5.1 PROPUESTAS DE MEJORA

### 5.1.1 Diseño de las propuestas

Se realizó un plan de acción correctivo con la participación de los responsables de mantenimiento y los operadores, basado en las características y necesidades específicas de los vehículos; con el fin de dar solución a las causas más importantes de ineficiencias en el mantenimiento. Además, se plantean KPI's para medir el rendimiento de la flota vehicular.

*Tabla 14. Impacto de las propuestas.*

Propuesta	Causas	% de impacto	Acumulado	Nivel de mejora
Implementar planes de mantenimiento	Falta de procedimientos de mantenimiento adecuados	10,81%	35,23%	Total
	Falta de mantenimiento regular de vehículos	10,81%		Total
	Inadecuada gestión del tiempo durante el proceso de reparación	2,90%		Parcial
	Uso incorrecto de herramientas o equipos	1,25%		Parcial
	Falta de seguimiento y registro de mantenimiento	4,63%		Total
	Falta de seguimiento y retroalimentación después de completar el trabajo	2,12%		Parcial
	Polvo y suciedad acumulados que afectan la funcionalidad de los sistemas	2,70%		Total
Implementar KPI'S de mantenimiento	Sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento	10,81%	21,62%	
	Falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos	10,81%		
Total			56,85%	

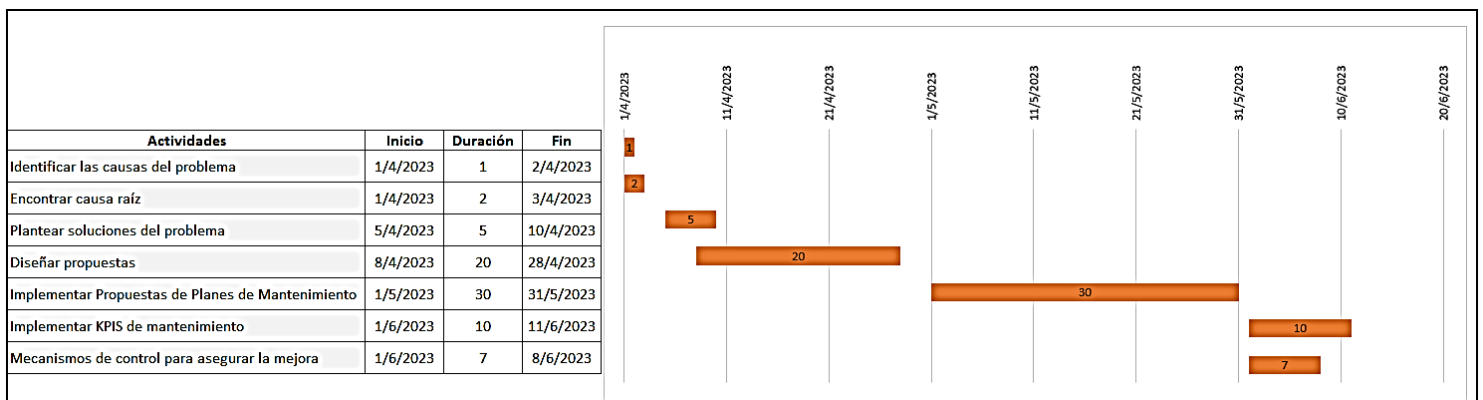
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados del análisis, las dos soluciones propuestas para mejorar el mantenimiento de los vehículos tienen un impacto significativo en el problema. Asimismo, la primera propuesta de implementar planes de mantenimiento tiene un impacto del 35,23% de la solución del problema; mientras que la segunda propuesta de implementar KPI's de mantenimiento, tiene un impacto del 21,62% de la solución del problema, y ambas propuestas tienen un impacto del 56,85% de la solución del problema.

Sin embargo, es importante señalar que las causas inadecuada gestión del tiempo durante el proceso de reparación, uso incorrecto de herramientas o equipos y falta de seguimiento y retroalimentación después de completar el trabajo que aborda la propuesta 1, el nivel de mejora para esas causas sería parcial. Por tanto, la mejora para esas causas no sería total, ya que aún quedarían causas raíz que podrían contribuir al problema.

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt con el cual se organiza la implementación de las propuestas de mejora en el proceso de mantenimiento, en este cronograma se detallan cada una de las actividades.

**Figura 24.** Diagrama de Gantt de las propuestas.



*Fuente: Elaboración propia.*

Las actividades del diagrama de Gantt tienen fases de recopilación de datos y análisis, desarrollo de la propuesta de mejora, implementación de la propuesta de mejora y por último de control de la mejora.

### 5.1.2 Propuesta 1: planes de mantenimiento

Para realizar los planes de mantenimientos se analizó junto con los técnicos en mecánica que le brindan servicio a la empresa, los manuales de usuario, guías de reparación de los vehículos que indican especificaciones y sugerencias por parte del fabricante; como los tipos de aceite que se deben utilizar, sensores, uso de funciones, cambio de piezas. Además, se contactaron

a los distribuidores automotrices donde se compró la flota de vehículos para saber el límite operacional en kilómetros que puede recorrer el vehículo para realizarle cambio de aceite, y cambio de piezas o accesorios, lo que son cambios de aceites el distribuidor automotriz sugiere que realice a los 10 000 km y que se utilice un aceite semisintético que tenga una densidad para durar 10 000 km, los productos de la empresa que provee aceites cumplen con esas especificaciones, con el equipo de mantenimiento de la empresa y los técnicos que brindan servicio a la empresa se procura que a partir de los 7000 km programar el mantenimiento de los vehículos para evitar que se pase el límite operacional que es 10,000 km.

Por otra parte, los talleres mecánicos que la empresa tiene como proveedores antes de brindarle servicio a la empresa tiene que comprobar que el personal se encuentra altamente capacitado con certificaciones en especialidades técnicas afines a la electromecánica o con años de experiencia, cartas de recomendaciones y se le piden documentos personales como hoja de delincuencia. Asimismo, la empresa consideró la capacitación al personal técnico mecánico que le brindan servicios a la empresa para que realicen inspecciones acordes con las tareas que indican los planes de mantenimiento y el mantenimiento preventivo de cambio de componentes cuando han pasado los km que indica el plan y le queda poca vida útil.

También, los choferes recibirán capacitación sobre mantenimiento preventivo y aspectos mecánicos para identificar fallas, defectos y anomalías. Por tanto, los choferes antes de utilizar las unidades de la empresa deben realizar una inspección general, revisar el aire de las llantas, los niveles de aceites (aceite de motor y aceite de dirección hidráulica), el líquido refrigerante del radiador, líquido del parabrisas, la carrocería, vidrios.

Con respecto a lo anterior, deben realizar chequeos rutinarios a la unidad para verificar su correcto funcionamiento si a la unidad le hace falta cierto tipo de lubricante, refrigerante

colocárselo, si les hace falta aire a las llantas colocarle, si ven necesidad de rotar las llantas rotar, verificar que la unidad que utilizan cuente con los papeles y que estos se encuentren al día y de no ser así informarle al jefe de mantenimiento. Además, si cuando la unidad está en operación se presenta un inconveniente como una llanta ponchada el chofer está capacitado para cambiarla por el repuesto, informar fallas y solicitar insumos para la unidad al jefe de mantenimiento.

El plan de mantenimiento preventivo de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A para camiones pesados y carga liviana es un plan integral que cubre una amplia gama de tareas de mantenimiento. Además, el plan se basa en una frecuencia de 10 000 kilómetros recorridos en los vehículos.

*Tabla 15. Planes de mantenimiento preventivo de camiones carga pesada y carga liviana.*

<b>Empresa:</b>	Grupo Agroindustrial Ecoterra S. A				
<b>Plan:</b>	Mantenimiento Preventivo y Revisión				
<b>vehículos:</b>	Camiones Carga Pesada y Carga Liviana	<b>Placa del vehículo:</b>			
<b>Frecuencia:</b>	Cada 10000 KM				
N°	Descripción del trabajo	Estado		Costo	Duración
		Bueno	Malo		
1.	Revisar nivel de aceite de dirección hidráulica				
2.	Cambio de aceite de motor y filtro				
3.	Revisar nivel de líquido de clutch y estado				
4.	Revisar nivel de líquido de frenos y estado				
5.	Revisión de llantas y estado.				
6.	Revisión de mangueras y tuberías de frenos				
7.	Revisión, limpieza y ajuste de frenos delanteros				
8.	Revisión, limpieza y ajuste de frenos traseros				

9.	Ajuste de freno de mano				
10.	Revisar hules de amortiguadores				
11.	Revisar hules de barra estabilizadora				
12.	Revisar filtro de aire de motor				
13.	Engrase general				
14.	Revisar cruces, soporte y barra de transmisión				
15.	Revisar caja de dirección por derrames				
16.	Revisar brazos de dirección				
17.	Revisar bujes de ballestas y balancines				
18.	Revisar tramado de llantas delanteras				
19.	Revisar hules de tensoras				
20.	Revisar estado de ballestas				
21.	Revisar barra de dirección central				
22.	Revisar tacos y tuercas de rueda				
23.	Revisar rótulas de dirección				
24.	Lubricación de felpas, ventanas y bisagras				
25.	Revisar, ver estado de nivel de líquido refrigerante, radiador, tapón, abanico y deposito auxiliar.				
26.	Revisión de luces general, cintas reflectivas.				
27.	Lavado de motor				
28.	Chequear temperatura de motor y otros marcadores				
29.	Revisar estado de fajas de motor.				
30.	Revisar estado de mangueras, acoples, sellos y empaques de motor				
31.	Revisar soportes de motor				
32.	Ver estado de tubería y gas de escape				
33.	Revisar derrames de líquido refrigerante				
34.	Revisar derrames de aceite				
35.	Revisar, limpiar batería y abrazaderas				

Monto total + IVA Incluido					
Duración Total					

*Fuente: Elaboración propia.*

El plan incluye tareas de mantenimiento preventivo de los siguientes sistemas y componentes del vehículo:

- Sistema de dirección
- Sistema de frenos
- Sistema de suspensión
- Sistema de transmisión
- Sistema de motorización
- Sistema eléctrico
- Sistema de escape

Algunas de las tareas incluidas en el plan son opcionales, como la inspección de dispensadores de hielo y agua podrán omitirse si el vehículo no presenta signos de evaporación.

Los costos de las tareas de mantenimiento incluidas en el plan pueden variar dependiendo del tipo de vehículo y de los precios de impuestos y mano de obra de la región. Sin embargo, en general, los costos de mantenimiento preventivo son bastante bajos en comparación con los costos de reparación de un vehículo que no ha recibido el mantenimiento adecuado.

Por otra parte, la duración total del mantenimiento preventivo está determinada por la cantidad de tareas incluidas en el plan y la complejidad de cada tarea. En promedio, el mantenimiento preventivo de un vehículo pesado o en movimiento puede durar dos días o menos, pero en los casos en que el pago sea difícil de obtener, el tiempo puede extenderse.

El plan de mantenimiento preventivo de vehículos específicos de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A es un plan sólido que ayuda a garantizar la operación segura y eficiente de los vehículos al cubrir una amplia gama de tareas de mantenimiento. También, el plan se basa en una frecuencia de 10 000 kilómetros recorridos para este tipo de vehículos.

*Tabla 16. Plan de mantenimiento preventivo de vehículos particulares.*

<b>Empresa:</b>	Grupo Agroindustrial Ecoterra S. A				
<b>Plan:</b>	Mantenimiento Preventivo y Revisión	<b>Placa del vehículo:</b>			
<b>Vehículos:</b>	Particulares				
<b>Frecuencia:</b>	10 000 KM				
N°	Descripción del trabajo	Estado		Costo	Duración
		Bueno	Malo		
1	Cambiar Aceite de Motor				
2	Cambiar Filtro Aceite de Motor				
3	Verificar Filtro Acondicionador de aire				
4	Revisar funcionamiento Batería				
5	Verificar pedal de embrague				
6	Verificar Luces interiores / exteriores y bocina				

7	Verificar Nivel fluidos embrague y freno				
8	Verificar Nivel refrigerante de motor				
9	Verificar Nivel Limpia parabrisas				
10	Verificar Presión Inflado de Neumáticos				
11	Rotación de Neumáticos				
12	Verificar Freno de mano y pedal de freno				
13	Verificar Discos de Freno y pastillas				
Monto total + IVA Incluido					
Duración Total					

*Fuente: Elaboración propia.*

El plan incluye tareas de mantenimiento preventivo de los siguientes sistemas y componentes del vehículo:

- Motor
- Sistema de frenos
- Sistema de suspensión
- Sistema eléctrico

La mayoría de las tareas de mantenimiento incluidas en el plan son necesarias para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente del vehículo.

De acuerdo con lo anterior, ciertas tareas incluidas en el plan son opcionales, como la inspección del filtro del aire acondicionado y el nivel de refrigerante del motor. Estas tareas pueden omitirse si el vehículo no presenta signos de desgaste o mal funcionamiento.

El plan de mantenimiento preventivo para pick up de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A es un plan integral que incluye una variedad de tareas de mantenimiento y se basa en una frecuencia de 10 000 kilómetros, ideal para este tipo de vehículos.

*Tabla 17. Plan de mantenimiento de vehículos pick up.*

<b>Empresa:</b>	Grupo Agroindustrial Ecoterra S. A				
<b>Plan:</b>	Mantenimiento Preventivo y Revisión				
<b>Vehículos:</b>	Pickup y todo terreno	<b>Placa del vehículo:</b>			
<b>Frecuencia:</b>	10 000 KM				
N°	Descripción del trabajo	Estado		Costo	Duración
		Bueno	Malo		
1	Cambiar Aceite de Motor				
2	Cambiar Filtro Aceite de Motor				
3	Verificar Filtro Acondicionador de aire				
4	Revisar funcionamiento Batería				
5	Verificar pedal de embrague				
6	Verificar Luces interiores / exteriores y bocina				
7	Verificar Nivel fluidos embrague y freno				
8	Verificar Nivel refrigerante de motor				

9	Verificar Nivel Limpia parabrisas				
10	Verificar Presión Inflado de Neumáticos				
11	Rotación de Neumáticos				
12	Verificar Freno de mano y pedal de freno				
13	Verificar Discos de Freno y pastillas				
14	Verificar extremos articulados y volante				
15	Verificar fluidos de dirección de potencia				
16	Verificar articulaciones y guardapolvos				
17	Verificar suspensión trasera y delantera				
18	Verificar filtro de aire				
19	Engrase de árboles cardánicos				
20	Torque bulones de árboles cardánicos				
21	Engrase de rotulas y extremos				
Monto total + IVA Incluido					
Duración Total					

*Fuente: Elaboración propia.*

El plan incluye tareas de mantenimiento preventivo de los siguientes sistemas y componentes del vehículo:

- Sistema de motorización

- Sistema de frenos
- Sistema de suspensión
- Sistema de Dirección
- Sistema de transmisión
- Sistema eléctrico

A raíz de lo anterior, el plan de mantenimiento preventivo de pick up de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A; incluye varias tareas adicionales propias de este tipo de vehículos las cuales incluyen:

- Verificación de las extremidades articuladas y el vuelo: Las extremidades articuladas y el volante son componentes críticos de la dirección de la camioneta. Es fundamental revisarlos periódicamente para descubrir signos de desperdicio o daño.
- Verificación de los fluidos de dirección de potencia: las camionetas frecuentemente tienen sistemas hidráulicos de dirección de potencia. Es fundamental comprobar periódicamente el nivel de los líquidos de dirección asistida para evitar un mal funcionamiento.
- Verificar articulaciones y guardapolvos: Las articulaciones y guardapolvos son componentes cruciales de la suspensión de una camioneta. Es fundamental revisarlos periódicamente para descubrir signos de desperdicio o daño.
- Verificar la suspensión trasera y delantera: la suspensión es un componente vital de la seguridad de una camioneta. Es fundamental revisarlo periódicamente para descubrir signos de desperdicio o daño.

- **Expresión del árbol cardánico:** los árboles cardánicos son componentes cruciales de la transmisión de camionetas. Es fundamental engrasarlos periódicamente para evitar fallos de funcionamiento.
- **Torque árboles cardánicos bulones:** Los bulones de los árboles cardinales son componentes cruciales de la transmisión de una camioneta. Es fundamental torcerlos periódicamente para evitar fallos de funcionamiento.
- **Rótulas y extremos:** Rótulas y extremos son componentes importantes de la suspensión de una camioneta. Es fundamental engrasarlos periódicamente para evitar fallos de funcionamiento.

A continuación, se presenta la lista de componentes del plan de mantenimiento preventivo para componentes vehiculares; a cada componente se le asignó un código para ser identificados de esta manera en las columnas del plan de mantenimiento preventivo de componentes vehiculares.

**Tabla 18.** *Códigos de los componentes vehiculares.*

<b>Componente</b>	<b>Código</b>
Filtro combustible	FC
Limpieza inyectores	LI
Aceite diferencial	AC
Aceite transmisión	AT
Coolant	CO
Aceite dirección/ hidráulico	ADH
Roles de bocina	ROB
Retenedor de bocina	REB
Zapatas o pastillas	ZP
Batería	BR
Faja distribución	FD
Faja alternador	FA
Faja ventilador	FV
Faja accesorios, serpentina, externa o única	FS
Faja aire acondicionado	FAA
Faja dirección hidráulica	FDH

*Fuente: Elaboración propia.*

En el plan de mantenimiento preventivo de componentes de vehículos del Grupo Agroindustrial Ecoterra, cada “x” indica el mantenimiento recomendado para cada componente en la revisión de kilometraje respectivo.

**Tabla 19.** Plan de mantenimiento preventivo para componentes vehiculares.

Empresa:	Grupo Agroindustrial Ecoterra	Código del componente															
Plan:	Mantenimiento General de Componentes Vehiculares	FC	LI	AD	AT	CO	ADH	ROB	REB	ZP	BR	FD	FA	FV	FS	FAA	FDH
Revisión KM	Mant.Prev. 10 000 KM																
20 000	x	x															
30 000	x		x					x	x								
40 000	x	x		x	x	x				x							
50 000	x						x										
60 000	x	x	x					x						x	x	x	x
70 000	x											x					
80 000	x	x		x	x	x											
90 000	x		x					x									
100 000	x	x					x						x				
110 000	x																
120 000	x	x	x	x	x	x		x									
130 000	x																
140 000	x	x															
150 000	x		x				x	x									

*Fuente: Elaboración propia.*

El plan de mantenimiento está bien estructurado y aborda aspectos clave de los componentes del vehículo. También se centra en medidas preventivas que ayudan a evitar problemas mecánicos y alargar la vida útil del vehículo.

Con respecto a lo anterior, las actividades comunes de mantenimiento preventivo de componentes vehiculares incluyen:

- Filtro Combustible (30 000 km): se recomienda cambiar el filtro de combustible cada 30 000 kilómetros, lo cual es una práctica común para asegurar un suministro de combustible limpio al motor y fundamental para mantener el rendimiento óptimo del motor.

- Limpieza de Inyectores (30 000 km): la limpieza de inyectores a los 30 000 km es una medida preventiva, para mantener el rendimiento del sistema de inyección de combustible; y es posible mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones.
- Aceite del Diferencial (40 000 km): cambiar el aceite del diferencial cada 40 000 kilómetros es fundamental para garantizar una correcta lubricación de los componentes internos y alargar la vida útil del diferencial.
- Aceite de transmisión (40 000 km): Cambiar el aceite de transmisión a los 40 000 km ayuda a mantener la transmisión automática funcionando sin problemas y previene problemas mecánicos a largo plazo.
- Coolant o refrigerante (40 000 km): reemplazar el refrigerante después de 40 000 km ayuda a mantener estable la temperatura del motor, evitando el sobrecalentamiento y protegiendo contra la corrosión interna.
- Aceite Dirección/Hidráulico (40 000 km): cambiar el aceite en el sistema de dirección/hidráulico contribuye al buen funcionamiento del sistema de dirección asistida y evita daños a los componentes.
- Roles y retenedor de bocina (40 000 km): inspeccionar y, si es necesario, sustituir los componentes de la dirección y los frenos cada 40 000 kilómetros es fundamental para garantizar un sistema de conducción seguro y eficiente.
- Pastillas o Zapatas (40 000 km): reemplazar las zapatas o pastillas de freno cada 40.000 km ayuda a mantener un rendimiento de freno eficaz y seguro.

- Batería (60.000 km): revisar si es necesario sustituir la batería a los 60 000 km, es fundamental para evitar problemas de arranque y garantizar el funcionamiento de los sistemas eléctricos del vehículo.
- Faja Distribución, faja Alternador, faja Ventilador, faja Accesorios (60 000 km): reemplazar estas correas a los 60 000 km es fundamental para prevenir fallas y daños a los componentes del motor.
- Correa del aire acondicionado (60 000 km): el reemplazo de la correa del aire acondicionado a los 60 000 km es importante para mantener el sistema de aire acondicionado en funcionamiento eficiente.
- Faja dirección hidráulica (60 000 km): se requiere cambiar la dirección hidráulica a 60 000 km para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de dirección.

En el anexo 1 se observa las acciones que se realizan de acuerdo a los planes establecidos para abordar el mantenimiento correctivo, en el anexo 2 se muestra cómo se lleva a cabo la asistencia mecánica ya sea porque un vehículo se encuentra averiado o se le deba cambiar un componentes vehicular según los planes de mantenimiento para prevenir acciones correctivas, en el anexo 3 la inspección a las tareas de mantenimiento que realiza el personal cuando instala o comprueba componentes, en el anexo 4 se muestra el cambio de componentes que se lleva a cabo según las tareas de inspección que se redactan en los planes de mantenimiento.

A continuación, en los siguientes datos que se muestran ya se aplicó la propuesta 1 de planes de mantenimiento. Por tanto, se realizará comparativa de las variables del proceso de mantenimiento durante el primer y segundo cuatrimestre

*Tabla 20. Comparación de costos de mantenimiento del I y II cuatrimestre 2023.*

Periodo	Averías	Correctivos	Preventivos	Costo Total	Límite de costos establecido por cuatrimestre	% costos según el límite
I cuatrimestre 2023	₡ 2 612 877,41	₡ 12 426 848,13	₡ 1 833 344,07	₡ 16 873 069,61	₡ 15 000 000,00	112%
II cuatrimestre 2023	₡ 784 220,00	₡ 9 641 020,44	₡ 2 268 001,47	₡ 14 118 241,91		94%

*Fuente: Elaboración propia.*

Los costos de las acciones correctivas fueron los más altos en ambos cuatrimestres, representando el 73,65% del costo total en el primer cuatrimestre y el 64,27% en el segundo; esto debido a las dificultades para mantener los vehículos en buen estado lo cual provoca aumento en los costos de reparación. Sin embargo, durante el segundo cuatrimestre los mantenimientos correctivos se redujeron en un 22,42%.

Los costos de mantenimiento preventivo fueron los más bajos en el primer cuatrimestre, representando el 29% de los costos totales, mientras que los costos de averías en el segundo cuatrimestre fueron los más bajos, representando el 5,55% de los costos totales; lo cual indica que la empresa invirtió más en mantenimiento preventivo un 23,71% tras reducir los costos de averías y mantenimientos correctivos.

También, los costos totales de mantenimiento por cuatrimestre fueron de 16 873 069,61 colones en el primer cuatrimestre y de 14 118 241,91 colones en el segundo. Esto representa una reducción del 16,33% en el costo total de mantenimiento del segundo cuatrimestre tras haber implementado planes de mantenimiento en la flota de vehicular. Además, el porcentaje de costos con base en el límite establecido (igual o menor a 15,000,000.00 colones) se redujo a 18,37%; lo cual indica que los costos del segundo cuatrimestre estuvieron por debajo del límite, y que la empresa cumplió con sus objetivos.

**Tabla 21.** Comparación de cantidad de mantenimientos del I y II cuatrimestre.

Periodo	Mantenimientos			Total
	Averías	Correctivos	Preventivos	
I cuatrimestre 2023	19	29	27	75
II cuatrimestre 2023	9	19	51	79

*Fuente: Elaboración propia.*

La cifra de mantenimientos preventivos representó el 36,00% del número total de mantenimientos en el primer cuatrimestre y el 64,56% en el segundo cuatrimestre. Esto indica que la empresa está invirtiendo más en mantenimiento preventivo que en mantenimiento correctivo; el número de visitas de mantenimiento preventivo aumentó un 88,89% durante el segundo cuatrimestre, mientras que el número de averías y visitas de mantenimiento correctivo disminuyó.

Las averías representaron el 25,33% del mantenimiento total en el primer cuatrimestre, lo que indica que la empresa tuvo problemas críticos para mantener sus equipos en buen estado durante el primer cuatrimestre; sin embargo, luego de implementar planes de mantenimiento, las averías representaron el 11,39% del mantenimiento total y disminuyeron un 52,63% en el segundo cuatrimestre.

El mantenimiento correctivo fue el segundo más alto en ambos cuatrimestres, representando el 38,67% del mantenimiento total en el primer cuatrimestre y el 24,05% en el segundo, con una disminución del 42,86% en el número de mantenimientos correctivos. Esto indica que la empresa gastó una cantidad significativa de dinero en reparaciones de vehículos, principalmente en el primer cuatrimestre; sin embargo, en el segundo cuatrimestre se redujo el número de reparaciones, al igual que los costos; esto se logró implementando planes de

mantenimiento para evitar aumentos en el número de reparaciones y en los costos de mantenimiento correctivo y preventivo.

En comparación con el cuatrimestre anterior, los resultados muestran que la empresa hizo un mejor trabajo en la prevención de fallas críticas durante el segundo cuatrimestre, lo que redujo la cantidad de mantenimientos correctivos, averías y al mismo tiempo los costos de mantenimiento.

**Tabla 22.** Comparación de tiempos de funcionamiento e inactividad del I y II cuatrimestre.

<b>Tiempo funcionamiento e inactividad de la flota</b>					
<b>Periodo</b>	<b>Tiempo Total Funcionando (horas)</b>	<b>Tiempo Total de Inactividad (horas)</b>	<b>Tiempo teórico de funcionamiento por cuatrimestre</b>	<b>% funcionamiento</b>	<b>% inactividad</b>
I cuatrimestre 2023	20862,98	1457,02	22320,00	93,47%	6,53%
II cuatrimestre 2023	22034,61	843,39		98,72%	3,78%

*Fuente: Elaboración propia.*

El tiempo total de trabajo aumentó un 5,62% durante el segundo cuatrimestre, pasando de 20.862,98 horas en el primer cuatrimestre a 22.034,61 horas en el segundo. Por tanto, indica que la empresa está mejorando la eficiencia de sus operaciones, lo que está reduciendo el tiempo que sus equipos están inactivos.

El tiempo total de inactividad disminuyó un 42,42% durante el segundo cuatrimestre, pasando de 1.457,02 horas en el primer cuatrimestre a 843,39 horas en el segundo cuatrimestre.

Esto también indica que la empresa está mejorando la eficiencia de sus operaciones, lo que está reduciendo el tiempo que sus equipos están inactivos.

### 5.1.3 KPI's de mantenimiento

Se plantearon indicadores de desempeño para monitorear la eficiencia de la flota vehicular y de esta manera poder tomar decisiones respecto a la programación de mantenimientos, ya sea sobre el desempeño de un vehículo en específico o la variación en el rendimiento de un mes a otro.

*Tabla 23. Planteamiento de KPI's de mantenimiento.*

<b>Indicadores Propuestos</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Responsable cálculo</b>	<b>Verifica</b>
MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo Promedio para Reparar)	Tiempo total de reparación / Número de fallas	Jefe de mantenimiento	Gerencia Operaciones
MTBF (Mean Time Between Failures o Tiempo Promedio entre Fallas)	Tiempo total de operación / Número de fallas	Jefe de mantenimiento	Gerencia Operaciones
MTTF (Mean Time To Failure o Tiempo Medio hasta la Falla)	$\Sigma$ (Tiempo hasta la Falla) / Número de Fallas	Jefe de mantenimiento	Gerencia Operaciones
Disponibilidad	(Tiempo de operación / Tiempo total) * 100	Jefe de mantenimiento	Gerencia Operaciones

Formula general para calcular los indicadores	$MTBF = MTTF + MTTR$	Jefe de mantenimiento	Gerencia Operaciones
---	----------------------	-----------------------	----------------------

*Fuente: Elaboración propia.*

Al aplicar los KPI's se capacitará al personal del área de mantenimiento de la empresa y al personal relacionado se le explicará la función de estos con el fin de que entiendan los reportes, y la aprobación de proyectos a futuro. Además, la persona encargada de realizar cálculos será el jefe de mantenimiento y quien verifica es la gerencia de operaciones.

El objetivo del indicador MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo Promedio para Reparar) es el siguiente:

- Medir el lapso medio de tiempo que lleva reparar un vehículo o maquinaria una vez que ocurre una falla, para evaluar el rendimiento del proceso de mantenimiento, porque un MTTR bajo indica que las reparaciones se completan rápidamente y se reduce la inactividad.

El objetivo para el indicador MTBF (Mean Time Between Failures o Tiempo Promedio entre Fallas) es el siguiente:

- Calcular el intervalo medio entre 2 mantenimientos consecutivos de un vehículo o maquinaria. Esto es útil para evaluar la confiabilidad ya que un valor alto indica que el equipo seguirá funcionando durante largos períodos de tiempo sin fallas.

El objetivo del indicador MTTF (Mean Time To Failure o Tiempo Medio hasta la Falla) es el siguiente:

- Estimar el tiempo promedio que un componente, dispositivo o sistema puede funcionar antes de experimentar una falla o error; cuanto mayor sea el MTTF, mayor será la confiabilidad del componente, porque puede operar a lo largo de un lapso sin experimentar una falla.

El objetivo para el indicador disponibilidad es el siguiente:

- Determinar el porcentaje de tiempo que un vehículo o maquinaria está disponible y listo para funcionar cuando sea necesario, por lo que una alta disponibilidad indica que el equipo tiene un bajo tiempo de inactividad, lo que conduce a una mayor eficiencia operativa.

En cuanto a la fórmula general para calcular los indicadores, al aplicar la fórmula podemos realizar despejes, para calcular un indicador de los que está relacionado la ecuación.

En el apéndice 1 y 2 se observan las bitácoras de mantenimiento de las cuales se recopilamos datos operativos de la flota vehicular durante el I y II cuatrimestre, esos datos se analizaron para extraer toda la información posible, la cual fue necesaria en el planteamiento de indicadores de desempeño y se procedió realizar los cálculos de KPI's y comparativas del I cuatrimestre versus el II cuatrimestre.

Se considero la capacitación a los choferes sobre recopilación de datos mediante reportes, como llenarlos, los componentes vehiculares, identificar fallas, anomalías y defectos. Al personal de oficina relacionado con el área de mantenimiento se capacitó sobre el análisis de

datos, frecuencias y mediciones que se llevan a cabo para medir el rendimiento de la flota vehicular.

A continuación, se presentan los resultados de los KPI's de mantenimiento al ser implementados para evaluar el rendimiento de la flota.

**Tabla 24.** Comparación de KPI's de la flota durante el I y II cuatrimestre 2023.

<b>Indicadores de mantenimiento de toda la flota vehicular</b>				
<b>Periodo</b>	<b>MTTF (horas)</b>	<b>MTBF (horas)</b>	<b>MTTRR (horas)</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>
I cuatrimestre 2023	258,75	278,17	19,43	93,47%
II cuatrimestre 2023	268,24	278,92	10,68	96,31%

*Fuente: Elaboración propia.*

El MTTF es el tiempo promedio entre fallas y mide el tiempo que pasa entre dos fallas consecutivas en un vehículo; este indicador aumentó en el segundo cuatrimestre, pasando de 258,75 horas en el primer trimestre a 268,24 horas en el segundo. Además, esto indica que los vehículos fallan con menos frecuencia en el segundo cuatrimestre.

Seguidamente, el MTBF es el tiempo promedio entre fallas reparables y mide el tiempo promedio entre dos fallas consecutivas en un vehículo, excluyendo fallas irreparables. Además, esto disminuyó en el segundo cuatrimestre, de 278,17 horas en el primer cuatrimestre a 278,92 horas en el segundo cuatrimestre, lo que indica que los vehículos de la flota están fallando con menos frecuencia en el segundo cuatrimestre, incluso cuando las fallas no reparables son excluidas.

En otras palabras, el MTTRR es el tiempo promedio entre reparaciones y mide el tiempo que pasa entre dos reparaciones consecutivas de un vehículo. Disminuyó en el segundo cuatrimestre, pasando de 19,43 horas en el primer cuatrimestre a 10,68 horas en el segundo.

Además, esto indica que las reparaciones de vehículos del parque de vehículos están tardando menos en el segundo cuatrimestre.

Este indicador aumentó en el segundo cuatrimestre, pasando del 93,47% en el primero al 96,31% en el segundo. También indica que los vehículos de la flota vehicular estarán disponibles para su uso con mayor frecuencia en el segundo cuatrimestre.

#### 5.1.4 Resumen de cuadro comparativo

Se presenta un resumen con los resultados de todas las variables del primer cuatrimestre versus el segundo cuatrimestre, con las mejoras que se han implementado en el proceso de mantenimiento.

**Tabla 25.** Cuadro comparativo de variables del I y II cuatrimestre 2023.

Aspectos	I Cuatrimestre 2023	II Cuatrimestre 2023	Cambios	variación %
Tiempos de funcionamiento de toda la flota (horas)	20862,98	22034,61	1171,64	5,62%
Tiempos de inactividad de toda la flota (horas)	1457,02	843,39	-613,64	-42,12%
% de funcionamiento	93,47%	98,72%	0,05	5,62%
% de inactividad	6,53%	3,78%	-0,03	-42,12%
Cantidad de averías	19	9	-10,00	-52,63%
Cantidad de mantenimientos correctivos	29	19	-10,00	-34,48%
Cantidad de mantenimientos preventivos	27	51	24,00	88,89%
Cantidad total de mantenimientos	75	79	4,00	5,33%
Costos de averías	₡ 2 612 877,41	₡ 784 220,00	-1828657,41	-69,99%
Costos de mantenimientos correctivos	₡ 12 426 848,13	₡ 9 641 020,44	-2785827,69	-22,42%
Costos de mantenimientos preventivos	₡ 1 833 344,07	₡ 3 693 001,47	1859657,40	101,44%
Costos totales de mantenimientos	₡ 16 873 069,61	₡ 14 118 241,91	-2754827,70	-16,33%
KPIS: MTBF (Mean Time Between Failures o Tiempo Promedio entre Fallas)	278,17	278,92	0,75	0,27%
KPIS: MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo Promedio para Reparar)	19,427	10,67579114	-8,75	-45,05%
KPIS: MTTF (Mean Time To Failure o Tiempo Medio hasta la Falla)	258,75	268,24	9,50	3,67%
KPIS: Disponibilidad	93,47%	96,31%	0,03	2,84%

*Fuente: Elaboración propia.*

Tiempos de funcionamiento e inactividad:

- El aumento del tiempo total de funcionamiento de 5,62% se debe principalmente a la disminución del tiempo total de inactividad en un 42,12%;
- Este aumento del tiempo total de funcionamiento se traduce en una mejora de la productividad de la empresa, ya que los equipos están disponibles para su uso durante más tiempo.

Cantidad de averías, mantenimientos correctivos y preventivos:

- La disminución de la cantidad de averías en un 52,63% es el resultado de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo más efectivo; el programa de mantenimiento preventivo está diseñado para detectar y corregir las fallas antes de que se conviertan en averías.
- La disminución de la cantidad de mantenimientos correctivos en un 34,48% es una consecuencia directa de la disminución de la cantidad de averías.
- Por otro lado, el aumento de la cantidad de mantenimientos preventivos en un 88,89% es una señal de que la empresa está tomando en serio la importancia del mantenimiento preventivo.

Costos de averías, mantenimientos correctivos y preventivos

- La disminución de los costos de averías en un 69,99% es el resultado más significativo de las mejoras implementadas en el proceso de mantenimiento. También, la disminución de los costos de averías se traduce en un ahorro significativo para la empresa.
- La disminución de los costos de mantenimientos correctivos en un 22,42% es una consecuencia directa de la disminución de la cantidad de mantenimientos correctivos.

- Cabe señalar que la variación de los costos de mantenimientos preventivos en un 101,44% es una inversión que la empresa está realizando para reducir los costos de averías y mantenimientos correctivos en el futuro.

KPI's de mantenimientos:

- El aumento del MTBF en un 0,27% es un resultado positivo, pero es un aumento pequeño.
- La disminución del MTTR en un 45,05% es un resultado muy positivo.
- El aumento del MTTF en un 3,67% es un resultado positivo, pero es un aumento pequeño.
- El aumento de la disponibilidad en un 2,84% es un resultado positivo, pero es un aumento pequeño.

## **5.2 ANALISIS COSTO BENEFICIO**

### **5.2.1 Propuesta financiera**

Los siguientes datos que se muestran son los costos de las propuestas, sus actividades, los gastos anuales y la inversión inicial.

**Tabla 26.** *Inversión y gastos de las propuestas de mejora.*

Propuesta	Nombre	Actividad	Inversión Inicial	Gasto Anual
#1	Implementación plan mantenimiento preventivo	Capacitación mecánica básica	₺ 110 000	₺ 110 000
		Juego de herramientas mecánico	₺ 1 500 000	₺ 100 000
		Pago de personal por mes jefe de mantenimiento		₺ 3 600 000
#2	Implementación de KPIS de mantenimiento	Licencia Microsoft 365 mensual	₺ 100 000	₺ 72 000
		Pago de personal por mes jefe de mantenimiento		₺ 3 600 000
			<b>Cuatrimestre</b>	<b>Anual</b>
		Ahorro en costos de mantenimiento =	₺ 2 754 828	₺ 8 264 483

*Fuente: Elaboración propia.*

Con estos datos se analizarán la viabilidad de las propuestas al considerar factores como: los costos de la inversión inicial, los gastos anuales, los ahorros en costos de mantenimientos, la rentabilidad de las propuestas y que tan atractiva es la inversión que va a realizar la empresa.

A continuación, se presenta el análisis de los datos financieros

A continuación, se presenta el análisis costo-beneficio con el cual evaluó la rentabilidad de la propuesta de mejora en el proceso de mantenimiento.

**Tabla 27.** Análisis costo-beneficio de la propuesta de mejora.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorros		₡ 8 264 483	₡ 8 264 483	₡ 8 264 483	₡ 8 264 483	₡ 8 264 483
Inversión inicial	₡ 1 710 000					
Gastos anuales		₡ 7 482 000	₡ 7 372 000	₡ 7 372 000	₡ 7 372 000	₡ 7 372 000
Flujo neto de efectivo anual	-₡ 1 710 000	₡ 782 483	₡ 892 483	₡ 892 483	₡ 892 483	₡ 892 483
Valor actual neta (TMAR=10%)	₡ 1 573 213	₡ 711 348,27	₡ 737 589,34	₡ 670 535,76	₡ 609 577,97	₡ 554 161,79
TIR vrs TMAR	40,94%					
VP (Valor Presente) o VNA( Valor Neto Actual)	₡1 573 213					
VA (Valor Anual)	₡415 009,66					
CB (Costo Beneficio)	0,92					
CBA ( Costo Beneficio Actual)	0,24					

*Fuente: Elaboración propia.*

Los datos proporcionados corresponden a un proyecto de inversión de cinco años. Los flujos de efectivo anuales están compuestos por ahorros, una inversión inicial y gastos anuales. El costo de oportunidad del capital es del 10%.

El Valor Actual Neto (VAN) es positivo en todos los años, lo que indica que el proyecto es rentable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es superior al costo de oportunidad del capital, lo que también indica que el proyecto es rentable.

El proyecto es rentable en términos económicos. El VAN del proyecto es de 1 573 213 colones, lo que significa que el proyecto generará un beneficio neto de 1 573 213 colones después de descontar la inversión inicial y los flujos de efectivo negativos. La TIR del

proyecto es del 40,94%, lo que significa que el proyecto genera un rendimiento superior al 40,94% sobre la inversión inicial.

En este caso, VA (Valor Anual) del proyecto es de 415 009,66 colones lo que significa que el proyecto genera un beneficio anual de 415 009,66 colones.

La relación entre la inversión inicial y el VAN del proyecto que, en este caso, el Ratio Costo-Beneficio (CB) del proyecto es de 0,92, lo que significa que, por cada unidad monetaria invertida en el proyecto, se genera un beneficio neto de 0,92.

Por último, se puede calcular el Ratio Costo-Beneficio Actual (CBA), que es la relación entre la inversión inicial y el Valor Anual del proyecto. En este caso, el CBA del proyecto es de 0,24, lo que significa que, por cada unidad monetaria invertida en el proyecto, se genera un beneficio neto anual de 0,24.

En conclusión, el proyecto es rentable en términos económicos. El VAN, VA, TIR, CB y CBA del proyecto son positivos, lo que indica que el proyecto genera un beneficio neto.

## **5.3 CONTROL DE LAS PROPUESTAS**

### **5.3.1 Reportes y procedimientos de datos operativos**

Se presentan las actividades que le corresponden a cada personal de la empresa que este involucrados con el área de mantenimiento mediante una matriz de comunicación, con el fin de asegurar el buen funcionamiento de la mejora.

*Tabla 28. Matriz de comunicación del proceso de mantenimiento.*

<b>Matriz de comunicación</b>		
<b>Partes Interesadas</b>	<b>Canales de comunicación</b>	<b>Objetivos de comunicación</b>
Conductores	Correos electrónicos	Informar problemas del vehículo
Personal de mantenimiento	Llamadas telefónicas	Programar vehículos
Supervisores	Reuniones regulares	Compartir actualizaciones de seguridad
Gerencias	Informes escritos	Evaluar el rendimiento
<b>Frecuencia de comunicación</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>Medios de retroalimentación</b>
Diaria	Conductores	Formularios de Retroalimentación
Semanal	Personal de mantenimientos	Reuniones de seguimiento
Mensual	Supervisores / Gerencias	Encuestas de satisfacción
<b>Evaluación y mejora</b>		
Regularmente revisa y evalúa la efectividad		
Ajusta los procesos si es necesario para mejorar la comunicación y abordar las ineficiencias		

*Fuente: Elaboración propia.*

La matriz incluye una sección de evaluación y mejora, lo cual indica que la empresa revisa regularmente la efectividad de la comunicación y hace ajustes si es necesario para mejorarla.

Con respecto a lo anterior, la matriz sirve para organizar la comunicación entre las partes involucradas en el mantenimiento de un vehículo. Además, es clara, concisa y proporciona información sobre los objetivos, los canales y la frecuencia de la comunicación.


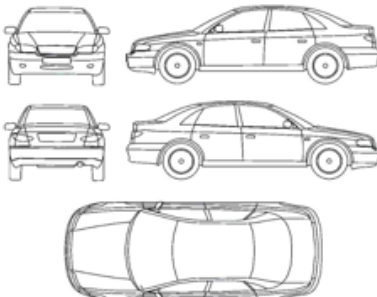
Los canales de comunicación son variados y adecuados para las necesidades de las diferentes partes involucradas.

La frecuencia de comunicación es adecuada para los objetivos de comunicación. Además, la sección de evaluación y mejora es un buen recordatorio de que la comunicación debe ser un proceso continuo.

Los choferes serán los encargados de llenar los formularios con los cuales se recopila información sobre el estado actual del vehículo, en estos formularios deben especificar fallas, anomalías o defectos que observen al inspeccionar la unidad que conducen.

El formulario de entrega y recibido de vehículo es para que los conductores que utilizan los vehículos de la empresa declaren el estado en que reciben el vehículo cuando inician a trabajar y el estado en que lo entregan cuando terminan de trabajar.

*Figura 25. Formulario de entrega y recibido de vehículo.*

 <b>DECLARACIÓN DE ENTREGA DE VEHÍCULO.</b>		VERSIÓN	
		1.0	
<b>LUGAR DE ENTREGA</b>		<b>FECHA</b>	
<b>MARCA Y MODELO DEL VEHÍCULO</b>		<b>AÑO DEL VEHÍCULO</b>	<b>PLACA</b>
<b>NOMBRE COMPLETO DEL RESPONSABLE</b>		<b>NÚMERO TELEFÓNICO</b>	
<b>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</b>			
<b>CRISTALES DEL VEHÍCULO</b>		<b>DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO</b>	
<input type="checkbox"/> Parabrisas delantero <input type="checkbox"/> Parabrisas trasero <input type="checkbox"/> Vidrio lateral delantero derecho <input type="checkbox"/> Vidrio lateral trasero derecho <input type="checkbox"/> Vidrio lateral delantero izquierdo <input type="checkbox"/> Vidrio lateral trasero izquierdo <input type="checkbox"/> Otro			
<b>CARROCERÍA</b>			
<input type="checkbox"/> Puerta delantera derecha <input type="checkbox"/> Puerta trasera derecha <input type="checkbox"/> Puerta delantera izquierda <input type="checkbox"/> Puerta trasera izquierda <input type="checkbox"/> Parachoques delantero <input type="checkbox"/> Parachoques trasero <input type="checkbox"/> Tapa de motor <input type="checkbox"/> Otro			
<b>NOMBRE DEL SUPERVISOR DE ECOTERRA</b>			
<b>NÚMERO TELEFÓNICO</b>			
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>FIRMA RESPONSABLE RRHH</b>		<b>FIRMA DEL RESPONSABLE DEL VEHÍCULO</b>	

*Fuente: Elaboración propia.*

El formulario de declaración de entrega de vehículo es el documento utilizado para registrar la entrega de un vehículo de una empresa a un empleado. El formulario recopila información sobre el vehículo, el empleado y el supervisor de la empresa.

El formulario de declaración de entrega de vehículo es un documento importante que ayuda a proteger a ambas partes, la empresa y el empleado. El formulario proporciona documentación de que el vehículo se entregó en buenas condiciones y que el empleado es responsable de su cuidado.

También, el formulario está bien diseñado y es fácil de completar, la información que se solicita es relevante y necesaria para documentar la entrega del vehículo. Asimismo, la información del formulario debe estar completa y precisa; debe incluir la marca, el modelo, el año y la placa del vehículo.

Las firmas del responsable y del supervisor deben ser válidas, legibles y que se pueden identificar fácilmente.

En general, el formulario de declaración de entrega de vehículo es un documento bien diseñado y completo que cumple con su propósito.



El formulario genera resultados de una inspección lo cual incluye:

- Las luces del vehículo: Inspeccionar si todas las luces funcionan correctamente y no presentan ningún defecto.
- Los neumáticos y los accesorios del vehículo: Estado de los neumáticos y la profundidad de banda de rodadura adecuada. Los accesorios, como la llanta de repuesto, el gato y la llave de ranas, están presentes y en buen estado.
- La carrocería del vehículo: Inspeccionar abolladuras, rayones ni otros daños en la carrocería.
- Los sistemas mecánicos del vehículo: Inspeccionar que los niveles de los fluidos son correctos y no hay fugas.
- Interior de la cabina del vehículo: Inspeccionar los asientos, el tablero y los mandos del aire acondicionado.
- Los sistemas de seguridad del vehículo: Inspeccionar que los cinturones de seguridad funcionan correctamente y no presentan ningún defecto.

Con la información de este formulario se determina si el vehículo se encuentra en buen estado y está listo para su uso o no. Sin embargo, es importante que el conductor realice una inspección visual del vehículo antes de cada viaje para verificar que no haya daños o problemas.

### 5.3.2 Umbrales KPI's de mantenimientos

Para tener un control de los KPI's de mantenimientos implementados se establecerán límites centrales, inferiores y superiores en el proceso de mantenimiento basado en el histórico de datos de meses anteriores. Asimismo, esos datos se analizaron y se calculó el KPI's de esos meses; luego se reunió el personal de la empresa relacionado con el área de mantenimiento para tomar una decisión sobre el límite que se le iba a colocar a cada KPI's.

Con esto se busca generar alertas tempranas de cuando el rendimiento de la flota está disminuyendo y poder realizar acciones correctivas.

*Tabla 29. Límites de KPI's de mantenimiento.*

<b>Indicador</b>	<b>Límite Normal</b>	<b>Límite de Alerta</b>	<b>Límite Crítico</b>
MTTF (Mean Time To Failure) en horas	> 263,50 horas	248,00 - 263,50 horas	< 248,00 horas
MTBF (Mean Time Between Failures) en horas	> 278,55 horas	268,00 - 278,55 horas	< 268,00 horas
MTTRR (Mean Time To Repair) en horas	< 15,55 horas	15,55 - 19,43 horas	> 19,43 horas
Disponibilidad de Toda la Flota (%)	> 95,00%	93,00% - 95,00%	< 93,00%

*Fuente: Elaboración propia.*

El MTTF es un indicador importante de la confiabilidad de un vehículo. Un MTTF alto indica que el vehículo es confiable y tiene pocas probabilidades de fallar. El límite normal para el MTTF en este caso es de 263,50 horas.

Esto significa que, en promedio, se espera que un vehículo de esta flota falle cada 263,50 horas. El límite de alerta es de 248,00 horas.

Por otra parte, si el MTTF de la flota cae por debajo de este valor, es importante monitorearlo de cerca.

El MTBF es un indicador de la confiabilidad de la flota. Un MTBF alto indica que la flota es confiable y tiene pocas probabilidades de tener una falla simultánea. El límite normal para el MTBF en este caso es de 278,55 horas.

De acuerdo con lo anterior, en promedio, se espera que dos vehículos de esta flota fallen cada 278,55 horas. El límite de alerta es de 268,00 hora y si el MTBF de la flota cae por debajo de este valor, es importante monitorearlo de cerca.

También, los indicadores de confiabilidad de la flota de vehículos que se muestran en la imagen son positivos, el MTTF y el MTBF son altos, lo que indica que la flota es confiable. Sin embargo, es importante monitorear de cerca el MTTF para asegurarse de que la flota continúe siendo confiable.

El MTTRR es un indicador importante de la eficiencia del proceso de reparación. Un MTTRR bajo indica que el proceso de reparación es eficiente y que los vehículos pueden volver a estar en servicio rápidamente. El límite normal para el MTTRR en este caso es de 15,55 horas y en promedio se espera que un vehículo de esta flota sea reparado en 15,55 horas.

Por otro lado, el límite de alerta es de 19,43 horas; lo que significa que, si el MTTRR de la flota cae por encima de este valor, es importante trabajar para reducirlo aún más.

La disponibilidad de la flota es un indicador importante de la capacidad de la flota para satisfacer las necesidades del negocio. Un porcentaje de disponibilidad alto indica que la flota está disponible para su uso la mayor parte del tiempo.

De igual forma, el límite normal para la disponibilidad de toda la flota en este caso es de 95,00%, lo que significa que, en promedio, se espera que la flota esté disponible el 95% del tiempo.

El límite de alerta es de 93,00%, esto indica que, si la disponibilidad de la flota cae por debajo de este valor, es importante trabajar para aumentarla aún más.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

Se concluye que el objetivo principal de este proyecto se cumplió debido a que se cumplieron los objetivos específicos.

El primer objetivo específico describir los procesos involucrados en los que se recopilarán la información se cumplió dado que se hizo esto:

- Se revisaron los registros existentes de mantenimiento de la flota vehicular, como registros de órdenes de trabajo, informes de mantenimiento y registros de fallas, para realizar diagramas de bloques y SIPOC que describieran de manera clara el proceso de mantenimiento vehicular.
- Se entrevistó al personal involucrado en el mantenimiento de la flota vehicular, como mecánicos, supervisores de mantenimiento y gerentes de producción.
- Se recopilaron datos de campo, como datos de rendimiento de los vehículos y datos de condiciones ambientales.

El segundo objetivo específico recopilar estadísticas de la operatividad de la flota vehicular se cumplió dado que se hizo esto:

- Se recopilaron estadísticas de la disponibilidad e inactividad de los vehículos, que indican el tiempo que los vehículos están disponibles para su uso y el tiempo que están inactivos debido a fallas.
- Se recopilaron datos de los costos de mantenimiento asociados con el mantenimiento correctivo, preventivo y averías.
- Se recopilaron datos de la cantidad de averías, mantenimientos correctivos y preventivos.

- Se recopilaron estadísticas sobre las fallas más frecuentes en la flota vehicular

El tercer objetivo específico analizar las causas raíz de las averías y los fallos más recurrentes en la flotilla vehicular se cumplió dado que se hizo esto:

- Análisis de datos mediante diagrama de Pareto para identificar las fallas más frecuentes en la flota vehicular.
- Se clasificaron las fallas según su importancia e impacto que generan en la flota vehicular.
- Se realizaron estudios técnicos para encontrar los síntomas, correcciones y costos asociados a las fallas.

El cuarto objetivo específico implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en las características y necesidades específicas de los vehículos utilizados por Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A se cumplió dado que se hizo esto:

- Se analizaron las características específicas de los vehículos, como el tipo de vehículo, el modelo, el año y el historial de mantenimiento.
- Se realizaron pruebas piloto de los planes de mantenimientos antes de implementarlos, con el fin de evaluar su funcionamiento y realizar ajustes.
- Se implementaron los planes de mantenimientos y se le informo a los proveedores y personal de mantenimiento sobre las hojas de trabajo que se deben utilizar.

El quinto objetivo específico establecer un mecanismo de control para la comunicación, retroalimentación y alerta temprana de inconformidades en el proceso de mantenimiento, fallas, anomalías y defectos se cumplió dado que se hizo esto:

- Revisión periódica del plan de mantenimiento mediante reportes de revisión de vehículos e inspección de mantenimientos para garantizar que siga siendo efectivo.

- Sistema de notificación de fallas para tener una alerta temprana cuando los KPI's se encuentren fuera de los límites y notificar bajos rendimientos en la flota vehicular de manera oportuna.
- Se realizó una matriz de comunicación sobre las actividades que le corresponde realizar a cada personal que esté involucrado con el proceso de mantenimiento.

La empresa ha realizado un buen trabajo al tener reducción del tiempo de inactividad de sus equipos, aumento en el tiempo total de funcionamiento y la disminución en el tiempo total de inactividad, aumento en el número de mantenimientos preventivos

Esto indican señales positivas de que la empresa está tomando medidas para mejorar la eficiencia de sus operaciones.

Sin embargo, todavía hay margen de mejora, ya que el porcentaje de averías sigue siendo alto. La empresa podría seguir mejorando su programa de mantenimiento preventivo para reducir aún más el número de averías.

Al implementar el proyecto se encuentran las principales causas del problema y con su causa raíz de los problemas en el proceso de mantenimiento:

- Causa falta de procedimientos de mantenimiento adecuados: su causa raíz la falta de análisis exhaustivo para respaldar la necesidad de implementar planes de mantenimiento como parte integral de la gestión de activos.
- Causa sistemas de medición inadecuados para evaluar el rendimiento: su causa raíz la falta de KPI's de mantenimiento para demostrar clara y cuantificablemente cómo los sistemas de medición actualizados mejoran la eficiencia y reducen los costos en el mantenimiento.

- Causa falta de análisis de datos para identificar tendencias de fallos: su causa raíz falta de análisis de datos para optimizar las operaciones de mantenimiento, reducir costos y aumentar la eficiencia.
- Causa falta de mantenimiento regular de vehículos: su causa raíz la falta de presentar datos y resultados que demuestren la eficacia del mantenimiento preventivo.

Una vez encontradas las causas raíz del problema se procedió a diseñar las propuestas:

- implementación de un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo reducir la ocurrencia de averías mediante la realización de mantenimientos preventivos a los equipos.
- Implementación de KPI's de mantenimiento con el objetivo de medir el desempeño del proceso de mantenimiento e identificar áreas de mejora.

Los planes de mantenimiento preventivo para pickups, particulares y camiones de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A son planes solidos que cubren una gama de tareas de mantenimiento importantes. Los planes incluyen tareas específicas para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente, pero con algunas mejoras, el plan podría ser aún más efectivo.

La propuesta de mejora del proceso de mantenimiento es una inversión rentable que puede generar ahorros significativos en costos.

El análisis de los KPI's muestra que el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio hasta la falla (MTTF) han aumentado ligeramente, mientras que el tiempo promedio para reparar (MTTR) ha disminuido significativamente.

Estos cambios indican que la flota está funcionando de manera más confiable y que las averías se están reparando de manera más eficiente.

La disponibilidad de la flota también ha aumentado ligeramente, lo que indica que los vehículos están disponibles para su uso durante más tiempo.

En conclusión, los datos proporcionados muestran que la propuesta de mejora del proceso de mantenimiento ha sido un éxito. La empresa ha logrado reducir los costos de mantenimiento y mejorar la confiabilidad de la flota.

En primer lugar, se observa que el aumento en el tiempo de funcionamiento de la flota se debe principalmente a la reducción en la cantidad de averías. En el segundo cuatrimestre de 2023, la cantidad de averías se redujo en un 52,63%.

Este cambio es significativo, ya que las averías son una de las principales causas de tiempo de inactividad de la flota. La reducción en la cantidad de averías ha permitido a la empresa aumentar la disponibilidad de la flota en un 2,84%.

En segundo lugar, se observa que el aumento en la cantidad de mantenimientos preventivos también ha contribuido a la reducción en los costos de mantenimiento. En el segundo cuatrimestre de 2023, la cantidad de mantenimientos preventivos se incrementó en un 88,89%.

El mantenimiento preventivo es una forma efectiva de reducir las averías y los costos de mantenimiento. La empresa ha logrado aumentar la cantidad de mantenimientos preventivos, lo que le ha permitido identificar y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en averías.

Por último, se observa que el tiempo promedio para reparar (MTTR) ha disminuido significativamente. En el segundo cuatrimestre de 2023, el MTTR se redujo en un 45,05%.

Esta disminución se debe probablemente a la implementación de nuevos procedimientos y herramientas de reparación. La empresa ha logrado reducir el tiempo necesario para reparar las averías, lo que le ha permitido reducir los costos de mantenimiento.

## **6.1 RECOMENDACIONES**

Con base en los hallazgos del análisis, se recomienda que la empresa continúe implementando la propuesta de mejora del proceso de mantenimiento. La empresa ha logrado resultados positivos en un período relativamente corto de tiempo. Con la continuación de la implementación de la propuesta, la empresa puede lograr aún más beneficios.

En particular, se recomienda que la empresa se concentre en las siguientes áreas:

- Reducción de la cantidad de averías: La empresa debe continuar implementando medidas para reducir la cantidad de averías. Esto incluye el mantenimiento preventivo, la capacitación del personal y el control de calidad de los materiales y servicios.
- Mejora de la eficiencia del mantenimiento preventivo: La empresa debe continuar mejorando la eficiencia del mantenimiento preventivo. Esto incluye la optimización de los programas de mantenimiento y el uso de herramientas y tecnologías de vanguardia.
- Reducción del tiempo de reparación: La empresa debe continuar reduciendo el tiempo de reparación de las averías. Esto incluye la implementación de nuevos procedimientos y herramientas de reparación.

- La implementación de estas recomendaciones ayudará a la empresa a lograr aún más beneficios de la propuesta de mejora del proceso de mantenimiento.

Aquí hay algunas recomendaciones específicas para mejorar los indicadores de mantenimiento:

Para mejorar el MTTF:

- Realizar inspecciones y mantenimiento preventivos regulares.
- Utilizar piezas y componentes de alta calidad.
- Implementar programas de capacitación para los conductores.

Para mejorar el MTTRR:

- Optimizar los procesos de reparación.
- Utilizar herramientas y equipos de reparación de alta calidad.
- Capacitar al personal de mantenimiento.

Para aumentar la disponibilidad de la flota:

- Reducir el tiempo de inactividad no programado.
- Implementar programas de mantenimiento predictivo.
- Utilizar tecnologías de gestión de flotas.

La empresa debería continuar mejorando sus programas de mantenimiento para mantener los indicadores de mantenimiento en niveles óptimos. Esto podría incluir:

- la implementación de programas de mantenimiento predictivo y la capacitación del personal en técnicas de mantenimiento preventivo para reducir el desgaste de los vehículos.
- Implementar un procedimiento de control de calidad para la instalación de componentes con el fin de garantizar que el vehículo quede en buen estado y evitar reingresos a taller.

Con respecto a lo anterior, la empresa debe centrarse en mejorar su programa de mantenimiento preventivo. Esto implica realizar revisiones y reparaciones periódicas de los vehículos para evitar que se produzcan averías.

Además, la empresa debe evaluar su proceso de gestión de averías para identificar áreas de mejora. Esto podría incluir la implementación de un sistema de gestión de órdenes de trabajo. El plan de mantenimiento preventivo para vehículos de Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A cubren una gama de tareas de mantenimiento importantes. Sin embargo, hay algunas recomendaciones que se pueden hacer para mejorar el plan:

- Se puede incluir una lista de los repuestos y herramientas necesarios para cada tarea de mantenimiento. Esto ayudaría a garantizar que el personal de mantenimiento tenga los recursos necesarios para realizar el mantenimiento correctamente.
- Se puede incluir una sección de instrucciones para cada tarea de mantenimiento. Esto ayudaría a garantizar que el personal de mantenimiento realice las tareas correctamente.

- Se puede incluir una sección de registro de mantenimiento. Esto ayudaría a rastrear el historial de mantenimiento del vehículo y a identificar cualquier problema potencial.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L. (2003). Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. *Departamento de Proyectos de Ingeniería Universidad Politécnica de Valencia*, 1-4.

Aparicio, J. M. G. (2014). *Gestión logística y comercial* (2.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=5256>

Arbós, L. C. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Ediciones Díaz de Santos.

<https://books.google.es/books?id=6jNY9FcLGcoC&lpg=PA353&ots=2YKasUs0Mp&dq=gesti%C3%B3n%20operaciones&lr&hl=es&pg=PA353#v=onepage&q=gesti%C3%B3n%20operaciones&f=false>

Astúa Bermúdez, Y. J. (2018). *Reducción del tiempo en el cambio de molde segmentado mediante el método DMAIC y la herramienta SMED en la*

*empresa Bridgestone Costa Rica, en el periodo de enero hasta agosto del 2018.* 1-125.

Baca Urbina, G., Cruz Valderrama, M., Cristóbal Vázquez, I. M. A., Baca Cruz, G., Gutierrez Matus, J. C., Espejel, A. A. P., González, I. A. R., & González, A. E. R. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial* (2.<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.  
<https://books.google.es/books?id=eNLhBAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=k8-nIwZRlm&dq=que%20es%20ingenier%C3%ADa%20industrial&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=que%20es%20ingenier%C3%ADa%20industrial&f=false>

Barrantes Callata, . Norma Yessela. (2019). *GESTIÓN DE CALIDAD CON EL USO DE LA METODOLOGIA DMAIC EN LAS MYPE DEL SECTOR COMERCIO RUBRO LIBRERÍAS DEL JR. HUANCANÉ.* 1-89.

Bernal, S., & Niño, D. F. (2018). *MODELO MULTICRITERIO APLICADO A LA TOMA DE DECISIONES REPRESENTABLES EN DIAGRAMAS DE ISHIKAWA.* 1-128.

Chavarría, O. (2021). *Vida útil de un activo.* Blog. <https://www.bdo.com.pe/es-pe/blogs/blog-bdo-peru/octubre-2021/vida-util-de-un-activo>

Delgado, E. M., Sánchez, C. G., Ríos, R. G., & Asco, C. H. (2018). *INTEGRACIÓN DE LA SIMULACIÓN, LA REGRESIÓN Y LA OPTIMIZACIÓN MULTI OBJETIVO PARA DETERMINAR LOS*

- RECURSOS EN UN BANCO. *Investigación Operacional*, 39(1), Article 1.
- Figuroa Zazueta, I. (2011). *Aplicación de la metodología DMAIC en el área de pre-expansión para la optimización de la materia prima en Insulit 32 kg m<sup>3</sup> en la empresa FANOSA planta de Tijuana B.C.* 1-94.
- Franco, C. A., & Velasquez, F. (2000). *CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA OPERATIVA UTILIZANDO EL TRABAJO EN EQUIPO*. 16, 27-35.
- García Martínez, E. M. (2023). Aplicación del diagrama de Pareto para la priorización de problemas en la industria agroalimentaria. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1-10.
- González, H. G., & Prado, C. A. E. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Revista Lumen Gentium*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.52525/lg.v5n2a8>
- Lizarbe, J., & Aguilar, M. C. (2020). Metodología aplicada a la mejora de procesos utilizando herramientas de innovación. *Ingeniería Industrial*, 039, Article 039. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4920>
- Lopez Herrera, J. (2012). *Productividad*. Palibrio. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K7DDWeLQ7QUC&oi=fnd&pg=PA4&dq=productividad&ots=8sseZPmQ0p&sig=iK4Y9UsAOEkKfqSp4yNZ9ZIND4Y#v=onepage&q=productividad&f=false>

- Marin-Garcia, J., & Maheut, J. (2013). Introducción, características y etapas de los grupos. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1-8.
- Monge Castillo, D. (2020). Optimización del modelo de atención de mantenimiento preventivo y correctivo de la flotilla vehicular del área de almacenamiento y distribución CCSS en el gran área metropolitana durante el primer cuatrimestre del año 2020. *Universidad Hispanoamericana de Costa Rica*, 1-345.
- Ordóñez Valle, J. L. (2017). Diagnóstico e implementación de mejora para la gestión vehicular Nacional de la Cruz Roja Costarricense. *Universidad Hispanoamericana de Costa Rica*, 1-298.
- Otero, L. C. (2006). *Gestión de Proyectos* (1.<sup>a</sup> ed.). Ideaspropias Editorial S.L.  
<https://books.google.es/books?id=HeMK0tbeGikC&lpg=PA1&ots=OYDiKqXzaE&dq=gesti%C3%B3n%20de%20proyectos&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=gesti%C3%B3n%20de%20proyectos&f=false>
- Pachas, M. R. S. (2014). *Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de elaboración de harina residual de pescado*. 1-10.
- Pozo Benavides, E. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA*. 1-129.
- Sacristán, F. R. (2007). *Análisis del valor añadido para mejorar la productividad*. 43-45.

Tarragó Borges, J. M. (2021). *The Toyota Way aplicado a una empresa de puertas*. 1-72.

Tavares, L. (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes.

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48591600/administracion-moderna-de-mantenimiento-libre.pdf?1473095445=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAdministracion\\_moderna\\_de\\_mantenimiento.pdf&Expires=1698317770&Signature=Hs0K1V71SwgHBCmdCq0pOYU4NcmheQGZWf95hOKlo8Z~D8rCNDf-w2gxBAvzXi0sPVY505ldPyTzADZiMfhyXTXLiDPhe4fB~22wa2hPTZEvCKCtIcCvbauH91BKRH2NI7BYKtJIGA~4A2ODHH-ycNk2lj3Y~b1zRSKWGSinnVJoYfymISFSSqIBZuCdDZdFgAaoQ1up~m30OaNgzJ0UvqiMXwuDzh2P7iwSeSAy4ndvpzQ377iXH6YjMgKL1hqI97B9IV6jUQta~fXEdLe40nEtaYNmvg8ayR90AciAix7WCVfyHfO03X-8Py5O9JqfdXJXQuw5jPbEIA-gUN2BHA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48591600/administracion-moderna-de-mantenimiento-libre.pdf?1473095445=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAdministracion_moderna_de_mantenimiento.pdf&Expires=1698317770&Signature=Hs0K1V71SwgHBCmdCq0pOYU4NcmheQGZWf95hOKlo8Z~D8rCNDf-w2gxBAvzXi0sPVY505ldPyTzADZiMfhyXTXLiDPhe4fB~22wa2hPTZEvCKCtIcCvbauH91BKRH2NI7BYKtJIGA~4A2ODHH-ycNk2lj3Y~b1zRSKWGSinnVJoYfymISFSSqIBZuCdDZdFgAaoQ1up~m30OaNgzJ0UvqiMXwuDzh2P7iwSeSAy4ndvpzQ377iXH6YjMgKL1hqI97B9IV6jUQta~fXEdLe40nEtaYNmvg8ayR90AciAix7WCVfyHfO03X-8Py5O9JqfdXJXQuw5jPbEIA-gUN2BHA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Terrazas Pastor, R. (2011). *Planificación y programación de operaciones*. 28, 7-32.

Villareal, D. (2012). *Propuesta para Disminuir la Cantidad de Productos Defectuosos Aplicando la Metodología DMAIC en FESTA S.A.* 1-187.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales*

herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1),

125-138. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

## VIII. APÉNDICE(S)

### Apéndice 1: Bitácora de mantenimiento del I cuatrimestre 2023.

Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Fin	Hora de Fin	Unidad N°	Taller	Descripción del Mantenimiento	Mes
15/1/2023	5:00 a. m.	23/1/2023	7:59 p. m.	29	Taller Wilber	Por fallos en la caja de cambio	ene-23
16/1/2023	5:00 p. m.	18/1/2023	2:59 p. m.	31	Veinsa Motors	Por fallas en sistema de inyección	ene-23
18/1/2023	15:00	4/2/2023	9:30 a. m.	30	Taller Veinsa Motors	Cambiar inyectores  - No se realizó mantenimiento	ene-23
18/1/2023	16:00	31/1/2023	5:00 p. m.	18	Jorge Corrales Enderezado y Pintura	Reparación en la compuerta de atrás y enderezado	ene-23

18/1/2023	3:00 p. m.	4/2/2023	9:30 a. m.	26	Veinsa Motors	Cambio de inyectores	ene-23
23/1/2023	08:00	3/2/2023	5:00 p. m.	18	Taller Jorge Wilber	Caja de cambios dañada	ene-23
23/1/2023	8:00 a. m.	3/2/2023	5:00 p. m.	29	Jorge Wilber	Caja de cambios dañada	ene-23
26/1/2023	5:00 p. m.	27/1/2023	8:59 a. m.	26	Taller Sus Amigos	Por fallas en sistema de dirección	ene-23
27/1/2023	09:00	31/1/2023	1:00 p. m.	29	Taller César Reyes	Cambio de bomba hidráulica direccional y fajas para dirección hidráulica	ene-23
31/1/2023	16:00	1/2/2023	5:00 p. m.	30	Jorge Corrales Enderezado y Pintura	Bumper delantero desmontado y fallas en la manilla de la compuerta	ene-23
31/1/2023	4:00 p. m.	1/2/2023	5:00 p. m.	26	Jorge Corrales Enderezado y Pintura	Bumper delantero desmontado y fallas en manilla	ene-23

2/2/2023	2:00 p. m.	2/2/2023	3:00 p. m.	6	Jorge Corrales Enderezado y Pintura	Fallas en la cerrajería de la compuerta	feb-23
2/2/2023	11:00 a. m.	3/2/2023	11:00 a. m.	14	César Reyes	Cambio de aceite y ajuste de frenos	feb-23
3/2/2023	5:00 a. m.	8/2/2023	4:00 p. m.	18	César Reyes	Avería	feb-23
3/2/2023	3:00 p. m.	3/2/2023	4:00 p. m.	29	Veinsa Motors	Cambio de aceite y filtro	feb-23
3/2/2023	1:00 p. m.	3/2/2023	4:00 p. m.	9	César Reyes	Cambio de aceite	feb-23
4/2/2023	10:00 a. m.	27/2/2023	3:50 p. m.	7	Marvin Aleman Técnico de Inyectores	Comprobación de inyectores y bobinas, limpieza de bomba y riel, montaje de inyectores nuevos, reparación del turbo	feb-23
7/2/2023	5:00 a. m.	8/2/2023	11:00 a. m.	14	César Reyes	Fallas regulador, retenedor, placa de diodo	feb-23

8/2/2023	4:00 p. m.	8/2/2023	4:05 p. m.	18	Batería Villalobos	Cambio de batería	feb-23
8/2/2023	9:30 a. m.	8/2/2023	11:30 a. m.	13	César Reyes	Cambio de aceite	feb-23
8/2/2023	9:40 a. m.	8/2/2023	10:45 a. m.	3	César Reyes	Avería	feb-23
8/2/2023	9:30 a. m.	13/2/2023	3:30 p. m.	5	Veinsa Motors	Cambio de aceite y filtro, mantenimiento escaneo	feb-23
9/2/2023	2:55 p. m.	9/2/2023	3:05 p. m.	5	César Reyes	Avería, problemas en la caja de cambios	feb-23
10/2/2023	1:00 p. m.	10/2/2023	2:30 p. m.	1	Taller Automecanix	Montaje de llantas delanteras, balanceo y alineamiento	feb-23
10/2/2023	12:00 p. m.	11/2/2023	12:21 p. m.	12	Jorge Corrales	Remoción de herrumbre y pintura del marco del parabrisas	feb-23
11/2/2023	8:20 a. m.	11/2/2023	9:00 a. m.	6	César Reyes	Avería, sospecha de batería	feb-23

13/2/2023	3:43 p. m.	13/2/2023	4:10 p. m.	18	César Reyes	Avería	feb-23
13/2/2023	10:00 a. m.	13/2/2023	11:00 a. m.	6	parabrisas Joan	Cambio de parabrisas	feb-23
14/2/2023	7:00 a. m.	14/2/2023	11:00 a. m.	7	César Reyes	Mantenimiento correctivo	feb-23
14/2/2023	6:00 a. m.	14/2/2023	8:00 a. m.	18	César Reyes	Avería	feb-23
15/2/2023	4:00 p. m.	15/2/2023	4:44 p. m.	5	César Reyes	Fugas de aceite	feb-23
15/2/2023	11:00 a. m.	16/2/2023	5:00 p. m.	11	Muflicentro Río Segundo S.A	Fallas eléctricas	feb-23
20/2/2023	3:00 p. m.	21/2/2023	3:00 p. m.	7	César Reyes	Fallas en cruces y bomba dirección hidráulica	feb-23
20/2/2023	11:00 a. m.	20/2/2023	12:00 p. m.	18	César Reyes	Cambio de aceite	feb-23
21/2/2023	4:00 p. m.	21/2/2023	4:30 p. m.	7	Taller Tamarindo Guanacaste	Reparación de llanta ponchada	feb-23
21/2/2023	11:15 a. m.	21/2/2023	11:25 a. m.	14	César Reyes	Avería	feb-23

21/2/2023	10:00 a. m.	21/2/2023	11:00 a. m.	18	César Reyes	Avería	feb-23
21/2/2023	11:00 a. m.	21/2/2023	5:00 p. m.	5	César Reyes	Fajas dañadas	feb-23
22/2/2023	1:00 p. m.	22/2/2023	3:00 p. m.	31	César Reyes	Mangueras quemadas y recalienta	feb-23
24/2/2023	5:00 p. m.	6/3/2023	8:22 a. m.	11	Sus Amigos	Varios problemas de mantenimiento	feb-23
24/2/2023	5:00 p. m.	6/3/2023	8:22 a. m.	12	Taller Sus Amigos	Algunas de las fallas: Fallas en la dirección hidráulica, revisar fuga de aceite de la dirección, revisar cruces de barra, encendido-generación, colocar aislante debajo del asiento y tapa atrás, tapicería asientos de enfrente,	feb-23

						manillas sube ventanilla, revisar la dirección, revisar frenos, arreglar aire acondicionado	
28/2/2023	9:04 p. m.	8/3/2023	6:00 a. m.	7	Veinsa Motors	Reparación del prefiltro de combustible	feb-23
28/2/2023	3:50 p. m.	28/2/2023	9:03 p. m.	12	Veinsa Motors	Avería Fugas de gasolina	feb-23
28/2/2023	9:04 p. m.	8/3/2023	6:00 a. m.	19	Veinsa Motors	Reparación de prefiltro de combustible	feb-23
1/3/2023	5:00 p. m.	2/3/2023	3:59 p. m.	2	CHAVA	Avería por fallos en los tacos	mar-23
2/3/2023	4:00 p. m.	25/3/2023	6:50 a. m.	30	CHAVA	Cambio de aceite, revisión general, fallas en los tacos	mar-23
10/3/2023	5:30 p. m.	16/3/2023	10:45 a. m.	6	CHAVA	Colocación de aceite hidráulico, chequeo general,	mar-23

						reparación de llavín y ventanas	
15/3/2023	3:40 p. m.	15/3/2023	6:15 p. m.	7	Taller Sus Amigos	Avería: Bomba de gasolina obstruida	mar-23
16/3/2023	11:20 a. m.	20/3/2023	10:00 a. m.	4	CHAVA	Reparación de válvula de bomba de combustible	mar-23
21/3/2023	4:00 p. m.	22/3/2023	9:59 a. m.	4	Taller Sus Amigos	por fallas en el sistema de arranque	mar-23
22/3/2023	10:00 a. m.	28/3/2023	12:28 p. m.	18	Sus Amigos	Fallas en base, fuga de aceite, cárter y turbo	mar-23
22/3/2023	4:00 p. m.	23/3/2023	10:49 a. m.	8	César Reyes	por fallas en el sistema de refrigeración	mar-23
23/3/2023	4:30 p. m.	24/3/2023	4:30 p. m.	19	CHAVA	Cambio de escobillas, aceite y filtro	mar-23
23/3/2023	10:50 a. m.	23/3/2023	4:30 p. m.	14	César Reyes	Cambio de aceite y chequeo por sobrecalentamiento y pérdida de agua	mar-23

24/3/2023	4:15 p. m.	28/3/2023	3:00 p. m.	18	CHAVA	Cambio de llantas, reparación de alógeno y cinturones	mar-23
25/3/2023	9:35 a. m.	25/3/2023	10:30 a. m.	8	César Reyes	Reparación de relé dañado de luces de emergencia	mar-23
27/3/2023	11:30 a. m.	27/3/2023	4:57 p. m.	18	César Reyes	Cambio de aceite y filtro, chequeo por desviación en manejo	mar-23
30/3/2023	10:58 p. m.	5/4/2023	4:42 p. m.	2	CHAVA	Freno de mano reventado, falta de Hidráulico, cambio de llantas, luces	mar-23
30/3/2023	22:58:00	5/4/2023	16:42:00	22	Chava	Mantenimiento Correctivo por varias fallas	mar-23
1/4/2023	07:38:00	3/4/2023	16:29:00	12	Sus Amigos	Mantenimiento Preventivo por cambio de aceite	abr-23
1/4/2023	09:40:00	14/4/2023	13:43:00	3	CHAVA	Mantenimiento Correctivo con	abr-23

						chequeo general y cambio de llantas	
3/4/2023	09:40:00	2/5/2023	09:40:00	8	César Reyes	Mantenimiento Correctivo por garantía y rectificación de cabezote	abr-23
3/4/2023	4:00 p. m.	4/4/2023	8:04 a. m.	12	Taller Sus Amigos	Avería por fallos en sistemas de frenos y dirección	abr-23
4/4/2023	08:05:00	15/4/2023	12:28:00	2	Taller Sus Amigos	Mantenimiento Correctivo por múltiples fallas	abr-23
11/4/2023	08:52:00	11/4/2023	10:48:00	6	CHAVA	Por cambio de aceite por Kilometraje	abr-23
12/4/2023	14:52:00	13/4/2023	11:20:00	20	CHAVA	Mantenimiento Correctivo por cambio de aceite y reparación del volteo	abr-23
14/4/2023	14:16:00	14/4/2023	16:50:00	31	CHAVA	Mantenimiento Preventivo por	abr-23

						cambio de aceite y engrase	
15/4/2023	20:30:00	28/4/2023	15:23:00	29	Sus Amigos	Mantenimiento Preventivo con múltiples acciones	abr-23
18/4/2023	15:19:00	21/4/2023	08:58:00	19	Sus Amigos	Mantenimiento Preventivo	abr-23
18/4/2023	15:20:00	18/4/2023	18:20:00	10	CHAVA	Mantenimiento Preventivo por cambio de espejo y aceite	abr-23
23/4/2023	4:00 p. m.	24/4/2023	7:26 a. m.	18	CHAVA	Avería por fallos en el sistema de arranque	abr-23
24/4/2023	16:26:00	24/4/2023	18:10:00	17	CHAVA	Avería por fallos en el sistema eléctrico	abr-23
24/4/2023	18:30:00	20/5/2023	09:15:00	30	CHAVA	Mantenimiento Correctivo por conjunto de cluth dañado y fuga en tapón del tanque de	abr-23

						aceite de transmisión	
24/4/2023	07:27:00	24/4/2023	14:15:00	6	César Reyes	Mantenimiento Preventivo por anomalías en el sistema eléctrico	abr-23
26/4/2023	14:30:00	29/4/2023	12:06:00	18	CHAVA	Mantenimiento Correctivo por fallos en el sistema eléctrico	abr-23

**Apéndice 2: Bitácora de mantenimiento del II cuatrimestre 2023.**

Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Fin	Hora de Fin		Taller	Descripción del Mantenimiento	del	Mes
3/4/2023	9:40 a. m.	2/5/2023	9:40 a. m.	8	César Reyes	Rectificación de cabezote por calentamiento	de por	may-23

24/4/2023	6:30 p. m.	10/5/2023	9:15 a. m.	7	CHAVA	Reparación de conjunto de clutch y tapón del tanque	may-23
2/5/2023	10:50 a. m.	2/5/2023	12:09 p. m.	7	Sus Amigos	Cambio de batería y componentes	may-23
3/5/2023	7:57 a. m.	15/5/2023	12:00 p. m.	8	Sus Amigos	Fallos en punta de eje, parabrisas, llantas, asiento	may-23
3/5/2023	7:10 a. m.	3/5/2023	9:50 a. m.	6	CHAVA	Fallos en la caja de cambios	may-23
3/5/2023	10:00 a. m.	10/5/2023	4:50 a. m.	8	CHAVA	Reparación de caja de cambios	may-23
3/5/2023	5:56 a. m.	3/5/2023	8:25 a. m.	19	CHAVA	Fallos en la batería	may-23
4/5/2023	4:30 p. m.	4/5/2023	5:50 p. m.	21	Sus Amigos	Cambio de aceite, cambio de escobillas	may-23
5/5/2023	9:30 a. m.	5/5/2023	10:32 a. m.	8	Sus Amigos	Cambio de aceite y filtro de Diesel	may-23
6/5/2023	8:30 a. m.	6/5/2023	10:03 a. m.	8	CHAVA	Cambio de aceite, ajuste de frenos	may-23
9/5/2023	9:30 a. m.	10/5/2023	3:22 p. m.	3	César Reyes	Cambio de aceite y filtro, chequeo general	may-23

12/5/2023	9:30 a. m.	13/5/2023	11:15 a. m.	2	César Reyes	Cambio de aceite, reemplazo de faja de dirección hidráulica	may-23
15/5/2023	10:34 a. m.	26/5/2023	6:00 p. m.	12	Sus Amigos	Fallas en pastillas de arranque, asientos, filtro de aire, pérdida de fuerza	may-23
17/5/2023	8:46 p. m.	19/5/2023	3:58 p. m.	8	César Reyes	Cambio de aceite, reparaciones varias	may-23
17/5/2023	12:00 p. m.	17/5/2023	12:50 p. m.	8	César Reyes	Reparación de falta de combustible	may-23
17/5/2023	7:31 a. m.	17/5/2023	10:57 a. m.	8	César Reyes	Dificultades para arrancar	may-23
18/5/2023	1:03 p. m.	18/5/2023	2:53 p. m.	8	César Reyes	Cambio de bomba trasegadora	may-23
18/5/2023	11:50 a. m.	18/5/2023	1:00 p. m.	30	César Reyes	Cambio de bomba trasegadora	may-23
20/5/2023	10:15 a. m.	20/5/2023	12:00 p. m.	11	César Reyes	Reparación de luces direccionales	may-23
22/5/2023	8:53 a. m.	22/5/2023	10:04 a. m.	21	Sus Amigos	Cambio de batería y componentes	may-23

22/5/2023	9:14 a. m.	29/5/2023	2:07 p. m.	19	César Reyes	Engrase de rótulas, ajuste de frenos, restauración de bumper	may- 23
23/5/2023	11:01 a. m.	23/5/2023	12:15 p. m.	24	César Reyes	Reparación de fajas de distribución	may- 23
23/5/2023	10:00 a. m.	23/5/2023	11:00 a. m.	23	César Reyes	Cambio de fajas de distribución	may- 23
27/5/2023	7:40 a. m.	27/5/2023	10:30 a. m.	15	César Reyes	Fallo al arrancar debido a alternador dañado	may- 23
30/5/2023	11:34 a. m.	30/5/2023	1:02 p. m.	6	AUTOMAX	Cambio de aceite de motor	may- 23
31/5/2023	2:04 p. m.	31/5/2023	5:30 p. m.	6	César Reyes	Fallas en bomba de aceite	may- 23
31/5/2023	6:00 p. m.	15/6/2023	5:00 p. m.	12	César Reyes	Reparación de bomba de aceite	may- 23
31/5/2023	9:30 a. m.	1/6/2023	9:40 a. m.	2	César Reyes	Reparación de alternador, fallas en boya de combustible, luces intermitentes	may- 23
31/5/2023	6:00 p. m.	10/6/2023	5:00 p. m.	18	César Reyes	Fallos en bomba de aceite	may- 23
31/5/2023	9:30 a. m.	1/6/2023	9:40 a. m.	3	César Reyes	Problemas con el alternador	may- 23

1/6/2023	2:23 p. m.	1/6/2023	3:23 p. m.	18	Automecanix	Cambio de aceite y filtro	jun-23
1/6/2023	9:57 a. m.	1/6/2023	5:00 p. m.	2	César Reyes	Tramado, alineado y ajustes	jun-23
2/6/2023	2:00 p. m.	2/6/2023	3:00 p. m.	3	Automecanix	Mantenimiento preventivo	jun-23
3/6/2023	9:22 a. m.	3/6/2023	3:38 p. m.	14	César Reyes	Ajuste de frenos y mantenimiento	jun-23
3/6/2023	8:05 a. m.	3/6/2023	8:48 a. m.	30	AUTOMECHANIX	Montaje de llantas	jun-23
5/6/2023	2:20 p. m.	5/6/2023	2:56 p. m.	13	AUTOMAX	Reparación de llanta ponchada	jun-23
5/6/2023	12:00 p. m.	5/6/2023	2:19 p. m.	13	AUTOMAX	Avería de llanta ponchada	jun-23
7/6/2023	10:00 a. m.	7/6/2023	10:56 a. m.	13	César Reyes	Pruebas en el alternador y cambio de bornes de batería	jun-23
7/6/2023	2:30 p. m.	17/6/2023	1:21 p. m.	5	César Reyes	Múltiples problemas de fallas	jun-23
9/6/2023	12:56 p. m.	9/6/2023	2:57 p. m.	8	César Reyes	Fallos en el solenoide del volteo	jun-23
10/6/2023	9:30 a. m.	10/6/2023	3:00 p. m.	10	César Reyes	Cambio de mufla y aceite	jun-23


12/6/2023	5:15 p. m.	16/6/2023	3:18 p. m.	10	Automotriz Herrera Taller Mecánica General	Mantenimiento en conjunto de cluth	jun- 23
14/6/2023	10:58 a. m.	15/6/2023	5:30 p. m.	3	César Reyes	Limpieza de inyectores y otros	jun- 23
21/6/2023	9:00 a. m.	21/6/2023	5:00 p. m.	4	César Reyes	Cambio de pastillas y aceite	jun- 23
22/6/2023	12:00 p. m.	22/6/2023	3:00 p. m.	23	César Reyes	Anomalías en el alternador	jun- 23
22/6/2023	2:02 p. m.	22/6/2023	5:00 p. m.	22	César Reyes	Cambio de aceite de motor	jun- 23
23/6/2023	2:30 p. m.	23/6/2023	3:36 p. m.	4	Herrera	Mal funcionamiento del circuito	jun- 23
26/6/2023	2:20 p. m.	26/6/2023	2:30 p. m.	4	CHAVA	Cambio de fusible	jun- 23
27/6/2023	5:21 p. m.	7/7/2023	5:00 p. m.	3	CHAVA	Varios problemas de fallos	jun- 23
27/6/2023	5:21 p. m.	7/7/2023	5:00 p. m.	1	Taller CHAVA	Varios problemas: aceite de la dirección hidráulica, freno de motor, sistema de levante de llanta de repuesto, stop trasero,	jun- 23

						cortocircuito eléctrico, escobillas, rotulilla, buchines, juego en tubo de selectora de cambios	
28/6/2023	9:15 a. m.	28/6/2023	3:20 p. m.	5	César Reyes	Cambio de llantas y pastillas	jun- 23
29/6/2023	6:07 p. m.	7/7/2023	5:00 p. m.	7	CHAVA	Conjunto de clutch con problemas	jun- 23
29/6/2023	8:00 a. m.	29/6/2023	10:30 a. m.	8	César Reyes	Fuga de Diesel	jun- 23
29/6/2023	6:07 p. m.	5/7/2023	5:00 p. m.	29	Taller CHAVA	Fallas en conjunto de clutch debido a sobrepeso	jun- 23
30/6/2023	10:50 a. m.	6/7/2023	8:00 a. m.	20	Enderezado y Pintura Corrales	Reparación de la compuerta	jun- 23
7/7/2023	5:21 p. m.	12/7/2023	11:00 a. m.	12	Taller CHAVA	Conjunto de clutch por causa de sobrepeso, fallas en sistemas de frenos, fallas en la dirección hidráulica	jul- 23
7/7/2023	5:00 p. m.	10/7/2023	12:00 p. m.	21	Taller Sus Amigos	Cambio de aceite y filtro, reparación del transfer	jul- 23

13/7/2023	12:01 p. m.	14/7/2023	5:30 a. m.	10	Taller Sus Amigos	Cambio de zapatas traseras, balanceo, alineado, cambio de aceite y filtro, cambio de aceite diferencial y transmisión	jul- 23
14/7/2023	7:00 p. m.	20/7/2023	9:00 a. m.	24	Taller CHAVA	Fallas en la trampa de agua, filtro de combustible sucio y sensor de posición dañado	jul- 23
17/7/2023	11:00 a. m.	17/7/2023	2:00 p. m.	3	Taller César Reyes	Anomalías de ruidos en el sistema de suspensión, se le cambiaron los bujes	jul- 23
20/7/2023	4:00 p. m.	25/7/2023	9:00 a. m.	18	Automotriz Herrera	Fallas en conjunto de clutch, rótulas de dirección y frenos	jul- 23
24/7/2023	8:00 a. m.	25/7/2023	12:00 p. m.	2	Taller Sus Amigos	Fuga de Diesel en sistema de combustible	jul- 23
1/8/2023	9:30 a. m.	1/8/2023	11:00 a. m.	12	CHAVA	Instalar horómetro en sistema hidráulico de la grúa	ago- 23

1/8/2023	9:00 a. m.	4/8/2023	1:00 p. m.	19	César Reyes	Prueba de fuga de gases en cabezote, chequeo de frenos, reemplazo de alternador, cambio de aceite y filtro	ago- 23
9/8/2023	8:00 a. m.	9/8/2023	10:30 a. m.	31	Sus Amigos	Chequear sistema de arranque, actualizar código en la computadora	ago- 23
10/8/2023	10:30 a. m.	15/8/2023	6:00 p. m.	5	CHAVA	Realizar tune-up, arreglar llavines, reparar conjunto de clutch	ago- 23
15/8/2023	9:25 a. m.	21/8/2023	4:00 p. m.	9	Automotriz Herrera	Reemplazo de válvula en cabezote, reparación del sistema de volteo	ago- 23
26/8/2023	2:00 p. m.	30/8/2023	5:00 p. m.	23	Sus Amigos	Mantenimiento preventivo por kilometraje	ago- 23
28/8/2023	9:00 a. m.	31/8/2023	4:25 p. m.	8	César Reyes	Mantenimiento preventivo por kilometraje	ago- 23

**Apéndice 3: Formulario de reporte semanal con la clasificación en sus observaciones, para asegurar el control del plan de mantenimiento.**

		REPORTE SEMANAL DE REVISIÓN DE VEHÍCULO			
		FECHA		Nº PLACA	
		MARCA/MOD. /AÑO		KILOMETRAJE	
<b>CLASIFICACIÓN: A - EXCELENTE • B - CUMPLE • C - DEFICIENTE • NA - NO APLICA</b>					
LUCES					OBSERVACIONES SECCIÓN LUCES
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz delantera baja derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz delantera baja izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz delantera alta derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz delantera alta izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional delantero derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional delantera izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional lateral derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional lateral izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional derecha trasera	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direccional izquierda trasera	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz trasera baja derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz trasera baja izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz de freno derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luz de freno izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luces de retroceso	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alógeno frontal derecho	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alógeno frontal izquierdo	

LLANTAS Y ACCESORIOS					OBSERVACIONES SECCIÓN LLANTAS Y ACCESORIOS
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llanta de repuesto	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gata	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llave de ranas	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llanta delantera derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ranas delanteras derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llanta delantera izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ranas delanteras izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llanta trasera derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ranas traseras derecha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Llanta trasera izquierda	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ranas traseras izquierda	
CARROCERÍA					
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Placa delantera	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Placa trasera	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Espejo lateral derecho	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Espejo lateral izquierdo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Escobillas	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Apertura puerta delantera DE	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Apertura puerta delantera IZ	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Apertura puerta trasera DE	

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Apertura puerta trasera IZ	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura cabina frente	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura cabina techo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura cabina costado IZ	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pintura cabina costado DE	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estado del cajón	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Compuerta DE del cajón	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Compuerta IZ del cajón	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Parachoques frontal	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Parachoques trasero	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Guardabarros delanteros	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Guardabarros traseros	
<b>MECÁNICA</b>					<b>OBSERVACIONES SECCIÓN MECÁNICA</b>
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nivel de refrigerante	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nivel de aceite	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nivel líquido de frenos	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nivel aceite hidráulico	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nivel de limpiador de parabrisas	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Filtro de aire	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Función de freno de mano	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de volteo	

INTERIOR DE CABINA					OBSERVACIONES SECCIÓN INTERIOR DE CABINA
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Forro asientos delanteros	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Forros asientos traseros	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estado del Dash	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Función y mandos del A/C	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Radio	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mecanismo ventana delante. DERECHO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mecanismo ventana delante. IZQUIERDO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mecanismo ventana trasera DERECHO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mecanismo ventana trasera IZQUIERDO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Seguro puerta delantera DERECHA	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Seguro puerta delantera IZQUIERDA	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Seguro puerta trasera DERECHA	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Seguro puerta trasera IZQUIERDA	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bocina	
SEGURIDAD Y PERMISOS					OBSERVACIONES SECCIÓN SEGURIDAD Y PERMISOS
A	B	C	NA	ITEM	DESCRIPCIÓN DE ITEMS EN SITUACIÓN B Y C
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón piloto	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón delantero central	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón copiloto	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón trasero derecho	

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón trasero central	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón trasero izquierdo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Juego de triángulos	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chaleco reflectivo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tarjeta de circulación	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Título de propiedad	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RITEVE	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tarjeta de pesos y dimensiones	
<b>OBSERVACIONES / NOTAS Y COMENTARIOS</b>					
<b>RESPONSABILIDADES</b>					
1	Las personas que firman este documento, hacen constar que lo declarado en él es cierto y exacto.				
2	El chofer al que se le asigna este vehículo, es responsable de su correcto uso, de cumplir con las leyes de tránsito vigentes y de salvaguardar la seguridad de las personas que viajan con él y que transitan las vías públicas y privadas.				
3	Es responsabilidad del chofer asignado a este vehículo utilizar en todo momento el cinturón de seguridad y de velar por que las personas que viajan con él también lo utilicen. Antes de circular, debe de realizar un chequeo general verificando que las compuertas de carga y las puertas de cabina estén aseguradas y de que lo que transporta no presente riesgo de salirse o de ocasionar un accidente.				
4	Es responsabilidad del chofer asignado a este vehículo mantener vigente su licencia de conducir.				
5	Es responsabilidad del chofer que firma este documento, reportar a al Dpto. Recursos Humanos cada vez que vaya a utilizar un vehículo de la compañía diferente al reportado en este documento.				
6	El costo de los daños ocasionados a cualquiera de los vehículos de la compañía que sea consecuencia de negligencia por parte del chofer que firma este documento, será asumidos por él.				
7	Es absolutamente prohibido ingerir bebidas alcohólicas dentro del vehículo, por lo que si se encuentran recipientes vacíos de este tipo será considerado falta grave y el responsable será el chofer.				
7	Es obligación de todos los choferes calentar el vehículo antes de salir de las instalaciones en la mañana. Esto quiere decir que se debe encender el vehículo unos 3 o 4 minutos antes				
<b>CHOFER Nombre Completo / Documento de Identidad / Firma</b>					<b>INSPECTOR Nombre completo / Firma</b>

## IX. GLOSARIO

**Clutch o embrague:** mecanismo que forma parte del sistema de transmisión de un vehículo encargado de ejercer energía para interrumpir el motor y ejecutar distintas marchas.

**Zapatas o pastillas:** pieza utilizada en el sistema de freno del vehículo.

**Inyectores:** componente perteneciente al sistema de combustibles se encarga de suministrar combustible al motor.

**Correas o fajas:** componentes utilizados encargado de generar potencia entre dos o más ejes.

**Fugas:** se refiere cuando un gas que circula por un tubo o un líquido que circula por una manguera, tiende a desviarse por las fisuras, grietas en el caso de las mangueras o huecos en el caso de los tubos.

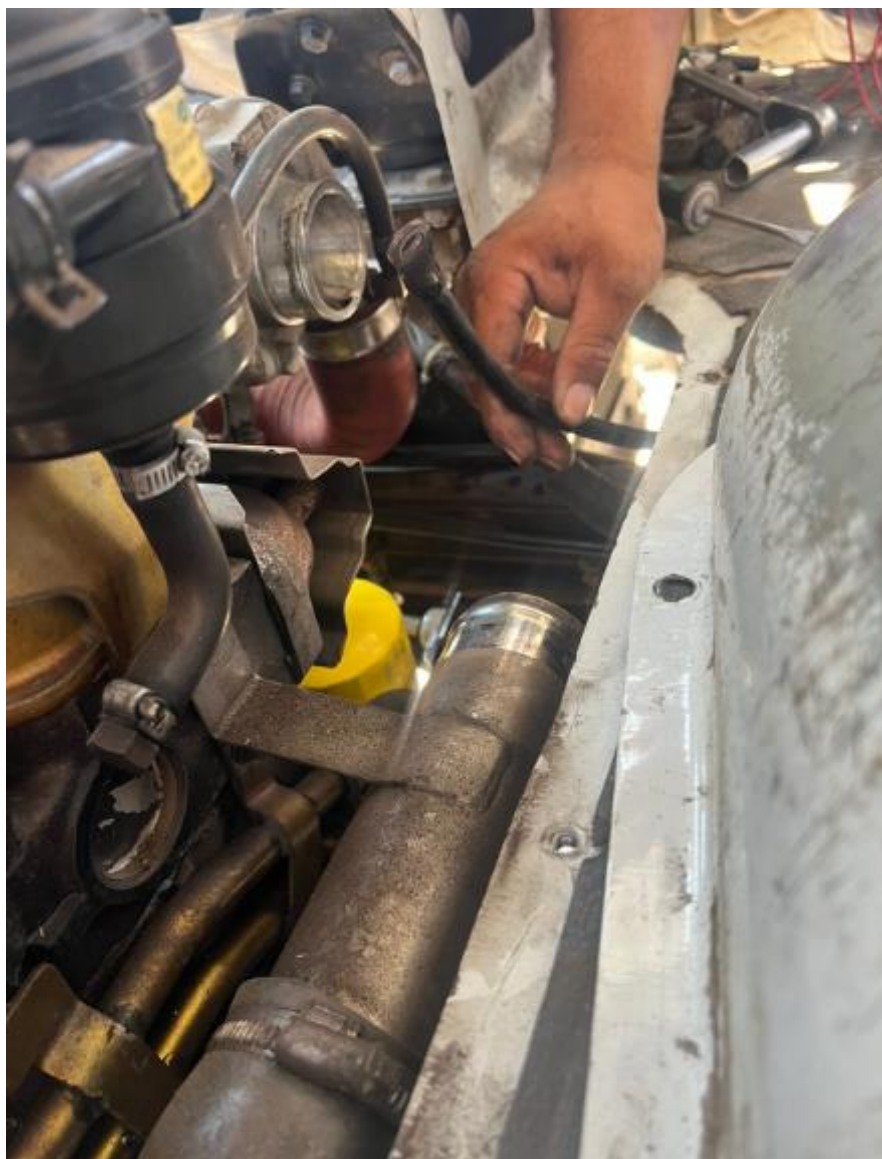
**Amortiguadores:** componente que pertenece al sistema de suspensión y se encarga de amortiguar los movimientos bruscos generados por el vehículo cuando se circula por caminos quebrados o huecos.

**Sobrecalentamiento:** cuando el motor presenta temperaturas por encima de lo normal (según lo que marque la aguja de temperatura en el tablero) o otros componentes del vehículo y se tiene presencia de humo y ciertas veces hasta fuego.

## X. ANEXO(S)

### Anexo 1: Evidencias de la inspección de mantenimientos correctivos.



**Anexo 2: Evidencias de la inspección de asistencia mecánica por averías.**

**Anexo 3: Evidencias de la inspección de mantenimientos preventivos.**



**Anexo 4: Evidencias de la compra de repuestos y accesorios para realizar mantenimientos preventivos de acuerdo con los planes de mantenimiento implementados.**

