



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM PARA LA FLOTA
VEHICULAR DE LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ANTONIO C.A.

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: CHRISTIAN GEOVANNY BARROS CHUCHUCA

JOSÉ SEBASTIÁN SIGUENCIA CALDERÓN

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Christian Geovanny Barros Chuchuca con documento de identificación N° 0105014989 y José Sebastián Sigüencia Calderón con documento de identificación N° 0105117147; manifestamos que:

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

Cuenca, 4 julio del 2022

Atentamente,



Christian Geovanny Barros Chuchuca
0105014989



José Sebastián Sigüencia Calderón
0105117147

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

Nosotros, Christian Geovanny Barros Chuchuca con documento de identificación N° 0105014989 y José Sebastián Siguencia Calderón con documento de identificación N° 0105117147, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Implementación de la metodología R.C.M. para la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 4 julio del 2022

Atentamente,

Christian Geovanny Barros Chuchuca

0105014989

José Sebastián Siguencia Calderón

0105117147

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM PARA LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ANTONIO C.A., realizado por Christian Geovanny Barros Chuchuca con documento de identificación N° 0105014989 y por José Sebastián Sigüencia Calderón con documento de identificación N° 0105117147, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de julio del 2022

Atentamente,



Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

DEDICATORIA

El proyecto de titulación es la etapa final de una travesía de esfuerzo y sacrificio la cual quiero dedicar a mis padres Miguel Barros y Luisa Chuchuca, pero también a mis abuelitos ya que sin su guía y consejos jamás hubiese llegado hasta aquí, fueron y son pilar fundamental ya que sin su paciencia, dedicación y amor no habría podido seguir hacia delante, es por ello que le ofrendo de manera especial este trabajo en la memoria de mi abuelito Enrique Chuchuca.

De la igual manera esto va dedicado a esposa Erika, hijas Bianca e Itatí, quienes con su apoyo y amor han estado incondicionalmente en este camino lleno de obstáculos.

Christian Geovanny Barros Chuchuca

DEDICATORIA

A mis padres: Segundo y Rocío.

*A mis hermanos: Estefanía, Josué, Viviana y
Lisette.*

*A mis abuelos: Ángel, Manuel, Ignacia y
Rosa.*

*Agradezco a Dios por contar con ustedes en
este camino.*

José Sebastián Siguencia Calderón

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por permitir atravesar las dificultades y brindarme la fuerza, salud y valor para avanzar. A mi compañera de vida Erika, quien fue pilar fundamental y apoyo incondicional, ya que sin su paciencia, cariño, comprensión y amor esto no podría haberse materializado, a mis hijas Bianca e Itatí motivo primordial para seguir evolucionando, a mis padres Miguel Barros y Luisa Chuchuca, a mis abuelitas Luz Bernal y Angelita Barrera, a mis hermanos Luis Barros, Gabriel Barros, Jhoselin Barros y Erick Barros quienes fueron clave para desarrollo de mi formación académica. A mis amigos Pedro y Brandon con los que compartimos gratos momentos y de manera especial a Sebastián con el quien pasamos momentos difíciles, pero nunca nos dimos por vencidos. A nuestro mentor, Ing. Cristian García por su paciencia, tiempo, dedicación y estima, los cuales han sido determinantes para este proyecto.

Christian Geovanny Barros Chuchuca

AGRADECIMIENTO

Un emotivo y especial agradecimiento a mis padres y hermanos, quienes estuvieron presentes en cada logro y fracaso, alentándome siempre a vencer el miedo ante nuevos retos.

A mis abuelos, tíos y primos por ofrecerme su apoyo y su ejemplo.

A mis amigos; Pedro, Brandon, David, por los grandes momentos compartidos en esta etapa. En especial, con mucha gratitud a Christian, por compartirme sus enseñanzas de vida, las cuales han fortalecido mi crecimiento.

A nuestro mentor, Ing. Cristian García por su paciencia, tiempo, dedicación y estima, los cuales han sido determinantes para este proyecto.

José Sebastián Siguencia Calderón

RESUMEN

El presente proyecto analiza, desarrolla y aplica la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el departamento automotriz de la empresa Lácteos San Antonio C.A.

En primera instancia se determina la criticidad de los vehículos que necesitan ser priorizados o intervenidos, para lo cual se aplica la metodología de Pareto y de manera gráfica se establece los equipos con un mayor número de fallos.

En este orden de ideas se aplica en una segunda instancia la teoría de Pareto para determinar los elementos automotrices críticos, a partir de estos, se cuantifican los valores relevantes para su posterior cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo, el cual es parte de la herramienta metodológica de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).

Posteriormente, el desarrollo conlleva hacia la propuesta de actividades preventivas enfocadas en reducir el impacto de ciertos fallos en la organización. Desde luego, estas actividades proactivas se han introducido en el plan de mantenimiento que la empresa lleva con regularidad.

Finalmente, se desarrolla la herramienta de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), el cual dispone de módulos para gestión de activos, actividades, mantenimiento (órdenes de trabajo) y mantenimiento preventivo. Efectivamente, las actividades establecidas bajo RCM se han implementado dentro del desarrollo de esta herramienta informática.

Palabras Claves: *Mantenimiento, Confiabilidad, Criticidad, RCM.*

ABSTRACT

This project analyzes, develops, and applies the Reliability Centered Maintenance methodology in the automotive department of the company “Lácteos San Antonio C.A”.

In the first instance, the criticality of the vehicles that need to be prioritized or intervened is determined, for which the Pareto methodology is applied and in a graphic way the equipment with a greater number of failures is established.

In this order of ideas, the Pareto theory is applied in a second instance to determine the critical automotive elements, from these, the relevant values are quantified for subsequent calculation of the Risk Priority Index, which is part of the methodological tool of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

Subsequently, the development leads to the proposal of preventive activities focused on reducing the impact of certain failures in the organization. Of course, these proactive activities have been introduced in the company's regular maintenance plan.

Finally, the computer-aided maintenance management tool is developed (CMMS), which has modules for asset management, activities, maintenance (work orders) and preventive maintenance. Indeed, the activities established under RCM have been implemented within the development of this software tool.

Keywords: Maintenance, Reliability, Criticality, RCM.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	16
2. PROBLEMA.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Importancia y Alcances.....	16
2.3. Delimitación.....	17
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo General	17
3.2. Objetivos Específicos.....	17
4. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE	18
4.1. Historia del mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM	18
4.2. Mantenimiento preventivo	19
4.3. Mantenimiento correctivo	20
4.4. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	20
4.4.1. Principios del RCM.....	21
4.4.2. Prioridades del RCM	22
4.5. Metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).....	22
4.5.1. Funciones	23
4.5.1.1. Funciones primarias	23
4.5.1.2. Diagramas de bloques de funciones.....	23
4.5.1.3. Funciones secundarias	24
4.5.2. Fallos funcionales	24
4.5.3. Modos de falla funcional	25
4.5.4. Causa de falla	25
4.5.5. Efecto de falla	26
4.5.6. Consecuencias de fallo	26
4.5.7. Diagrama de Pareto	27
4.5.8. Análisis de Criticidad	28
4.5.9. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE).....	29
4.5.9.1. Cliente o Usuario	29
4.5.9.2. Producto o Activo	30
4.5.9.3. Seguridad de funcionamiento	30
4.5.9.4. Detectabilidad	30
4.5.9.5. Frecuencia o probabilidad de ocurrencia	31
4.5.9.6. Gravedad o severidad.....	32
4.5.10. Índice de Probabilidad de Riesgo	32
5. CAPÍTULO II: ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	34
5.1. Descripción de la empresa Lácteos San Antonio C.A	34
5.2. Descripción de la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A ...	35

5.3.	Especificaciones de la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A35	
5.4.	Número de fallos y costos totales	37
5.5.	Procesamiento de los datos: Teoría de Pareto.....	41
5.6.	Aplicación de la Teoría de Pareto por vehículo.....	43
6.	CAPITULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA COFIABILIDAD (RCM)	49
6.1.	Definir funciones operacionales	49
6.2.	Fallos Funcionales	52
6.3.	Modo de Fallo Funcional	54
6.4.	Efectos fallo funcional	57
6.5.	Consecuencias de las Fallas	59
6.6.	Actividades Proactivas.....	60
6.7.	Análisis de Criticidad.....	61
7.	CAPITULO IV: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO).....	65
7.1.	Características básicas de GMAO	65
7.2.	Etapas de la introducción de implementación de GMAO	66
7.2.1.	<i>Justificación para implementar GMAO.....</i>	66
7.2.2.	<i>Crear el equipo encargado de seguimiento de GMAO.....</i>	66
7.2.3.	<i>Establecer un programa ajustado a las necesidades.....</i>	67
7.2.4.	<i>Seleccionar el escenario de implementación.....</i>	67
7.2.5.	<i>Identificar los vínculos necesarios con otros departamentos.....</i>	67
7.2.6.	<i>Formulación y divulgación.....</i>	67
7.2.7.	<i>Implementación a las células productivas faltantes.....</i>	68
7.2.8.	<i>Estandarización y exploración de resultados.....</i>	68
7.2.9.	<i>Consolidación y búsqueda de nuevos objetivos. (mejora continua).....</i>	68
7.3.	Errores al implementar el GMAO.....	68
7.3.1.	<i>Coste elevado</i>	68
7.3.2.	<i>Aumento de personal indirecto</i>	68
7.3.3.	<i>Ingreso de datos innecesarios.....</i>	69
7.3.4.	<i>Información poco fiable</i>	69
7.4.	Criterios para seleccionar un software GMAO.....	69
7.4.1.	<i>Por adquisición de paquete comercial</i>	69
7.4.2.	<i>Por elaboración propia.....</i>	70
7.5.	Diagrama de funcionamiento	70
7.6.	Herramienta informática de gestión de mantenimiento	71
7.6.1.	<i>Interfaz general de programa GMAO.....</i>	71
7.6.2.	<i>Módulo de Gestión de Activos</i>	73
7.6.3.	<i>Módulo de gestión de actividades.....</i>	74
7.6.4.	<i>Módulo de gestión de mantenimiento (órdenes de trabajo)</i>	75
7.6.5.	<i>Módulo de gestión de mantenimiento preventivo</i>	78
7.6.6.	<i>Módulo de gráficas de rendimiento (Pareto).....</i>	79
8.	CONCLUSIONES	81
9.	RECOMENDACIONES.....	83
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura de coordinación de órdenes de trabajo.....	20
Figura 2. Árbol lógico de RCM.....	21
Figura 3. Esquema de diagrama de Pareto.....	28
Figura 4. Diagrama de Pareto del equipo vehicular.....	42
Figura 5. Diagrama de Pareto para análisis de criticidad de la Flota vehicular de Lácteos San Antonio C.A.....	42
Figura 6: Análisis de diagrama de Pareto de vehículo SA03.....	46
Figura 7. Proceso de mantenimiento basado en la confiabilidad.....	49
Figura 8. Características básicas de GMAO.....	65
Figura 9. Proceso de implementación de GMAO.....	66
Figura 10. Aspectos que considerar bajo adquisición de un paquete comercial.....	70
Figura 11. Criterios para tener en cuenta en la elaboración del software propio.....	70
Figura 12. Interfaz de mantenimiento vehicular de Lácteos San Antonio C.A.....	72
Figura 13. Diagrama de flujo de Interfaz de programa de gestión de mantenimiento GMAO.....	72
Figura 14. Ventana de módulo de activos.....	73
Figura 15. Diagrama de flujo de gestión de activos.....	74
Figura 16. Módulo de gestión de actividades de la flota vehicular.....	75
Figura 17. Diagrama de flujo de gestión de actividades.....	75
Figura 18. Módulo de gestión de mantenimiento (órdenes de trabajo).....	76
Figura 19. Ventana de actividades de orden de trabajo.....	77
Figura 20: Diagrama de flujo de gestión de Mantenimiento.....	77
Figura 21. Módulo de gestión de mantenimiento preventivo y registro de kilometrajes.....	78
Figura 22: Diagrama de flujo de gestión de Mantenimiento Preventivo.....	79
Figura 23. Módulo de diagramas de Pareto.....	79
Figura 24: Diagrama de flujo de Metodología de Pareto.....	80

Índice de Tablas

Tabla 1. Siete preguntas básicas de RCM.....	22
Tabla 2. Ejemplo de registro de fallas funcionales.	25
Tabla 3. Facilidad de detección.	31
Tabla 4. Clasificación de probabilidad de ocurrencia.....	31
Tabla 5. Factor de severidad.	32
Tabla 6. Gama de productos Nutri.....	34
Tabla 7. Constitución de flota de vehículos de Lácteos San Antonio C.A.....	35
Tabla 8: Flota vehicular de la empresa lácteos San Antonio C.A.	36
Tabla 9: Correspondencia de la flota vehicular de la empresa según normativa INEN 2656.	37
Tabla 10: Número de fallos y costos totales.	38
Tabla 11: Procesamiento de datos.....	40
Tabla 12: Criticidad de flota vehicular lácteos San Antonio C.A.....	41
Tabla 13: Sistematización de datos de vehículo SA03.	46
Tabla 14. Elementos automotrices prioritarios por intervenir.	48
Tabla 15: Clasificación de funciones operacionales de sistemas de vehículo.	52
Tabla 16. Descripción de fallos funcionales.	54
Tabla 17. Modos de fallo automotriz.	56
Tabla 18. Efectos de falla del vehículo.	59
Tabla 19: Cálculo de I.P.R de elementos priorizados a intervenir.....	63
Tabla 20: Elementos automotrices críticos resultado del análisis de la metodología I.P.R.....	64
Tabla 21. Simbología estándar para diagramas de flujo.	71

Índice de Anexos

Anexo. A 1: Tabulación de Vehículo SA01-ADO0691.	87
Anexo. A 2: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA01-ADO0691.....	88
Anexo. A 3: Tabulación de datos de vehículo SA03-AFN0553.....	91
Anexo. A 4: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA03-AFN0553.	91
Anexo. A 5: Tabulación de datos de vehículo SA14-ABC8588	93
Anexo. A 6: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA14-ABC8588.	94
Anexo. A 7: Tabulación de datos de vehículo SA18-AAA2833.....	95
Anexo. A 8: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA18-AAA2833.....	96
Anexo. A 9: Tabulación de datos de vehículo SA19-ABE2729.....	97
Anexo. A 10: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA19-ABE2729.	98
Anexo. A 11: Tabulación de datos de vehículo SA16-UBF0844.....	99
Anexo. A 12: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA16-UBF0844.....	100
Anexo. A 13: Tabulación de datos de vehículo SA20-ABF1156.....	101
Anexo. A 14: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA20-ABF1156.....	102
Anexo. A 15: Tabulación de datos de vehículo SA12-ABB8659.	103
Anexo. A 16: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA12-ABB8659.	104

1. INTRODUCCIÓN

Lácteos San Antonio C.A., es una empresa con más de 45 años de trayectoria dedicada a la producción de alimentos inocuos, naturales y funcionales. La empresa cuenta con una flota de 54 unidades, la cual está conformada por vehículos livianos para transporte del personal y vehículos pesados para transporte de materia prima o producto terminado.

2. PROBLEMA

2.1. Antecedentes

Se ha determinado que el procedimiento actual para la gestión de mantenimiento automotriz de la flota vehicular carece de un control eficiente, que permita determinar el buen funcionamiento de los vehículos y la disponibilidad, al no tener implementado una herramienta de supervisión, la información de los trabajos vehiculares se encuentra sin uno adecuado registro de fallos. En efecto, aumentan los tiempos de mantenimiento y un seguimiento ineficaz en los fallos que ocurren, esto dificulta la toma de decisiones en la mejora continua de la gestión del departamento de mantenimiento automotriz. En este sentido, los tiempos de recolección de materia prima y producto terminado aumentan, afectando la productividad de la empresa.

2.2. Importancia y Alcances

Uno de los principales motivos para el desarrollo de este proyecto técnico es digitalizar la gestión de archivos, empleando una herramienta informática de fácil uso, la cual facilitará información confiable que permita alcanzar indicadores alienados con la metodología RCM.

El aporte hacia la empresa mediante el presente proyecto permitirá controlar las solicitudes, contribuyendo al seguimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo; realizado por el personal de la empresa o contratistas/proveedores externos.

2.3. Delimitación

La herramienta de sistema de gestión de mantenimiento basada en la metodología RCM se utilizará en beneficio de la empresa “Lácteos San Antonio C.A.”, principalmente empleada por el departamento de mantenimiento automotriz.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Implementar la metodología RCM para la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A.

3.2. Objetivos Específicos

- a.** Desarrollar el marco referencial, para la determinación de la metodología y criterios necesarios para la implementación del plan de mantenimiento.
- b.** Determinar el estado actual de las unidades de transporte durante el período 2019-2022, mediante el análisis de criticidad.
- c.** Implementar la metodología de adecuación del plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad, apoyado en el desarrollo de una herramienta de gestión informática.

4. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

4.1. Historia del mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM

En la década de 1960, el elevado costo de mantenimiento en la industria de la aviación ameritó el estudio de la eficacia de estos procedimientos, conformando así el grupo de trabajo representado por las aerolíneas y miembros de las fuerzas armadas estadounidenses. Este grupo, desarrolló una serie de directrices de mantenimiento dirigido a las aerolíneas y fabricantes aeronáuticos.

Esto condujo al documento MSG 1 del Grupo Directivo de Mantenimiento (MSG por sus siglas en inglés) 747; Manual: Evaluación de mantenimiento y desarrollo de programas de la Asociación de Transporte Aéreo en 1968. MSG-1 se utilizó para desarrollar el programa de mantenimiento para el avión Boeing 747, el primer programa de mantenimiento en aplicar conceptos de RCM. MSG-2, la siguiente revisión, se utilizó para desarrollar los programas de mantenimiento para el Lockheed L-1011 y el Douglas DC 10. El éxito de este programa se evidencia al comparar con los requisitos de mantenimiento de una aeronave DC-8, mantenida utilizando técnicas de mantenimiento estándar, y la DC-10, mantenida utilizando las directrices de MSG-2. (Cadick Corporation, 2016)

En 1974 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos encargó a United Airlines que escribiera un informe sobre los procesos utilizados en la industria de la aviación civil para el desarrollo de programas de mantenimiento de aeronaves. Este informe, escrito por Stan Nowlan y Howard Heap y publicado en 1978, se tituló Mantenimiento centrado en la confiabilidad, y se ha convertido en el informe en el que se han basado todos los enfoques posteriores de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Concluyeron que muchas fallas no se podían prevenir sin importar cuán intensivas fueran las actividades de mantenimiento. Además, se descubrió que para muchos ítems la

probabilidad de falla no aumentaba con la edad. En consecuencia, un programa de mantenimiento basado en la edad tendrá poco o ningún efecto en la tasa de fallas.

Actualmente, existen dos normativas clave que sustentan esta metodología; la normativa SAE 1011 describe los estándares mínimos para que la implementación sea considerada como RCM, por otro lado, la normativa SAE JA 1012 realiza la evaluación de los criterios de procedimientos RCM, el cual resume los aspectos adicionales que deben abordarse para aplicar RCM con éxito.

Antes de abordar la temática del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), es importante tener en cuenta los siguientes conceptos de mantenimiento:

4.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (MP), se define como una planificación de tareas, las cuales minimizan la probabilidad de un fallo. Programar tareas es imprescindible para lograr una eficiencia en procesos, a continuación, se describen 4 razones principales de su importancia:

- La lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspección de acuerdo con la condición del equipo contribuyen en la reducción de fallos que atribuyen el desgaste prematuro.
- En caso de que el fallo no pueda preverse, la inspección y medición contribuyen en la reacción en cadena de otros fallos.
- Detección de fallos inminentes gracias a la medición de parámetros como calidad del producto o vibraciones de una máquina.
- La detención del sistema productivo a causa de un fallo no programado puede resultar en costes muy elevados y la calidad del procedimiento puede verse afectada negativamente.

4.3. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es de naturaleza reactiva y de gran incertidumbre, por lo que, si se produce un fallo, la reparación afecta la productividad. (Mital et al., 2014)

En este tipo de mantenimiento, es importante fijar la prioridad de las actividades, es decir, en función a la productividad de la operación. Clasificar el mantenimiento correctivo da lugar a dos flujos de trabajo; uno consiste en las órdenes de trabajo urgentes, las cuales deben ejecutarse lo antes posible, y el otro consiste en las órdenes de trabajo que pueden ser tratadas a posteriori. La Figura 1, muestra la estructura de la coordinación de órdenes de trabajo.

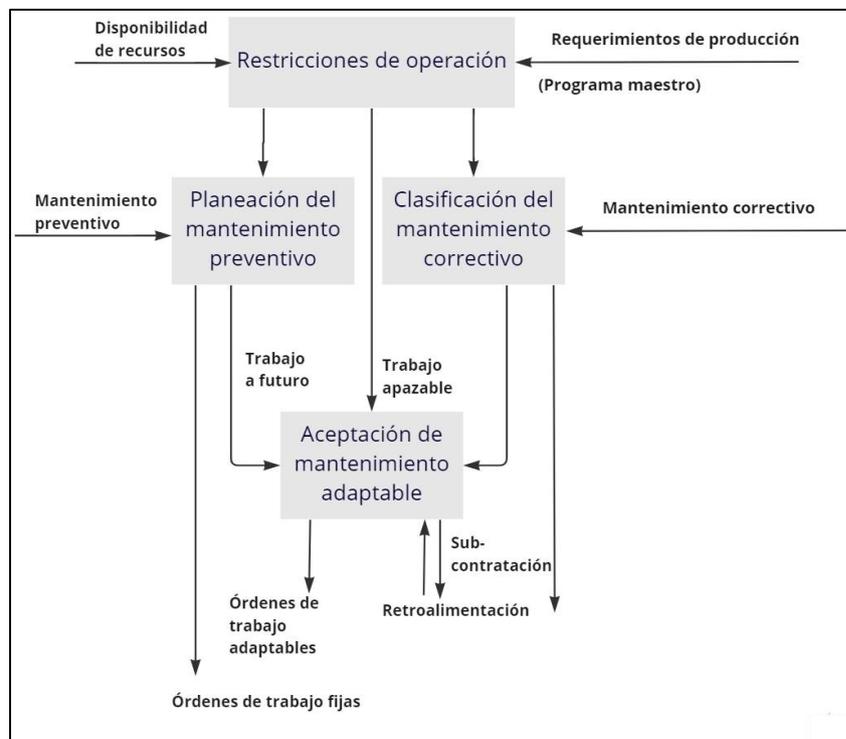


Figura 1. Estructura de coordinación de órdenes de trabajo.

Fuente: (Duffuaa et al., 2000)

4.4. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Según (Amendola, 2014), la definición formal de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se define como "un proceso utilizado para determinar lo que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe en un cierto estado, y siga haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual".

El objetivo básico de un análisis RCM es establecer un programa de mantenimiento preventivo técnicamente eficaz y económicamente eficiente. (Montilla, 2016)

4.4.1. Principios del RCM

- Busca preservar la función del equipo o sistema.
- Se centra en el sistema: Se enfoca en el funcionamiento completo del sistema, siendo menos relevantes los componentes individuales.
- Trata las estadísticas de fallas de manera actuarial y busca conocer la probabilidad de que un fallo ocurra en un rango específico de edad.
- El mantenimiento sólo puede lograr y mantener el nivel de confiabilidad con el cual se ha previsto en el diseño del equipo.
- Emplea un árbol lógico para evaluar las tareas de mantenimiento, el cual se detalla en la Figura 2.
- Reduce la probabilidad de las fallas, analizando datos en tiempo real y retroalimentando para mejorar el diseño y las estrategias de mantenimiento.

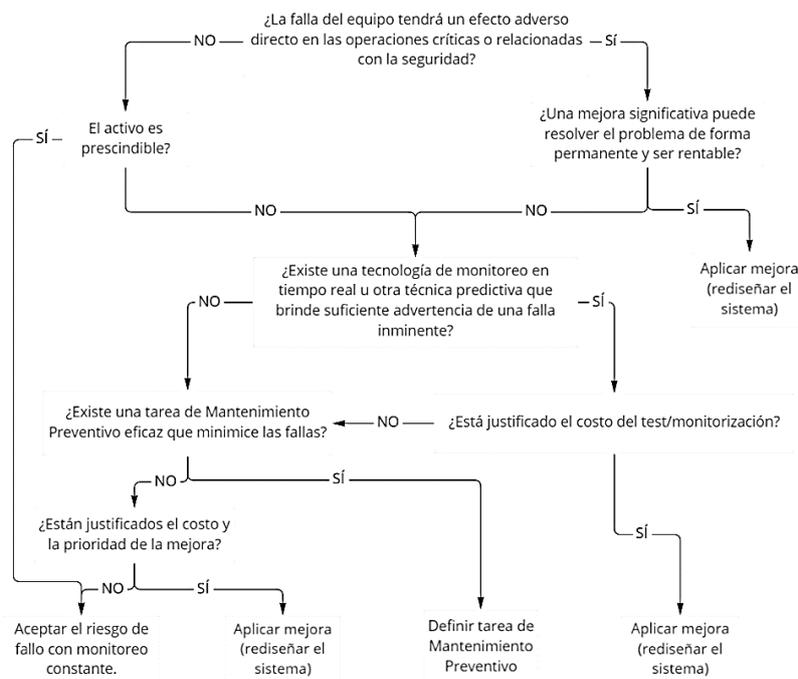


Figura 2. Árbol lógico de RCM.

Fuente: (Cadick Corporation, 2016)

4.4.2. *Prioridades del RCM*

RCM aborda los siguientes aspectos:

- Impacto sobre la seguridad laboral y alcanzar integridad laboral.
- Mejorar la operación de la industria.
- Incrementar la relación costo-mantenimiento en la industria.
- Aumentar la vida útil de los componentes más costosos (incrementar la utilidad de los activos).
- Proveer de un histórico de datos, imprescindible en la toma de decisiones de la alta gerencia.
- Motivar al personal, un equipo en sinergia se vuelve más competitivo.
- Establecer estándares de lenguaje técnico, de fácil entendimiento para el personal involucrado.

4.5. **Metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)**

Todo procedimiento para el desarrollo de la metodología RCM, debe responder a las siete preguntas que ha definido RCM, es obligatorio seguir el orden que plantea la norma SAE: JA1011, en la Tabla 1, se indican las preguntas y el orden en el que se deben ejecutar.

Número de pregunta	Descripción de la pregunta
1	¿Cuáles son las funciones y los respectivos parámetros de funcionamiento de este bien en su contexto operativo presente?
2	¿En qué aspecto puede fallar al cumplimiento de sus funciones?
3	¿Qué ocasiona cada fallo funcional?
4	¿Qué sucede cuando se ocurre cada fallo en particular?
5	¿De qué modo afecta cada fallo?
6	¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo?
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra una acción proactiva apropiada?

Tabla 1. Siete preguntas básicas de RCM.

Fuente: (Amendola, 2014)

La respuesta para las interrogantes anteriores hará posible la integración del RCM con un plan efectivo de mantenimiento. Sin embargo, al implementar RCM, la mayoría de las veces, el trabajo el trabajo está a mitad de camino.

Existen decisiones importantes que influyen en los proyectos, pues muchos de los sistemas RCM fallan debido a que no se cumple exitosamente la fase de implementación.

4.5.1. Funciones

Según Flores & Molina (2021), el funcionamiento se define de las siguientes maneras:

- Funcionamiento requerido del activo (según el usuario).
- Capacidad propia (lo que puede hacer el activo)

Hablar del funcionamiento deseado se tiene en cuenta que el mantenimiento del activo no puede mejorar su condición inicial de diseño, también asegura que la capacidad esté por encima del nivel requerido, manteniendo un estándar.

4.5.1.1. Funciones primarias

Se adjudica a la decisión o razones por las que el activo fue adquirido, es el caso más común del inventario de activos de las empresas. Por eso es importante definir parámetros básicos como velocidad, volumen y capacidad de almacenamiento.

4.5.1.2. Diagramas de bloques de funciones

Este diagrama ayuda a clarificar las funciones primarias de un activo si éste presenta complejidad, son de fácil elaboración y muestran estas funciones a cualquier nivel dado. En algunos casos, se puede presentar que el activo tiene más de una función primaria y tiene que realizar independientemente una de la otra.

4.5.1.3. Funciones secundarias

Según Moubray John, (1997) estas funciones tienen que ver con los siguientes aspectos:

- **Ecología o integridad ambiental:** Actualmente, uno de los aspectos más críticos, en el caso de los vehículos, se encuentran relacionados con las emisiones de gases de escape.
- **Seguridad/integridad estructural:** Salvaguardar la integridad física de las personas.
- **Control/contención/confort:** Regular el funcionamiento, almacenamiento de cosas y evitar ansiedad, molestia e incomodidad al momento de operar.
- **Apariencia:** El color o aspecto del activo, pueden ayudar a visibilizar mejor, además de proteger de factores ambientales.
- **Protección:** Estos sistemas pueden actuar de cinco maneras diferentes; funcionamiento anormal del activo, apagando el equipo ante fallos, mitigando situaciones anormales luego de una falla, reemplazando a la función que ha suscitado un fallo o prevenir de situaciones peligrosas.
- **Eficiencia/economía:** Cantidad de dinero requerido para la operación y mantenimiento del activo.
- **Funciones superfluas;** se presenta cuando han existido varias modificaciones, por tanto, no cumplen algún propósito en la empresa.

4.5.2. Fallos funcionales

Partiendo del concepto que un fallo determina la incapacidad de que el activo continúe desempeñando el rol que sus usuarios quieren que haga, un fallo funcional afecta directamente al parámetro establecido como primario o secundario. Los fallos pueden generar la pérdida parcial o total de la función, establecidos bajo ciertos límites cualitativos o cuantitativos y verificados con instrumentos de medición.

El siguiente ejemplo, (Tabla 2), ilustra acerca del registro los fallos funcionales para un vehículo de transporte:

Función	Falla Funcional
Transportar 40 toneladas de producto terminado desde A hacia B	Incapacidad de transportar el material por falta de potencia del motor.

Tabla 2. Ejemplo de registro de fallas funcionales.

Fuente: Autores

Lograr sinergia en el mantenimiento puede involucrar inconvenientes en el punto de vista del personal involucrado, por lo que es importante manejar un estándar de funcionamiento, el cual se sustenta en tres ideas centrales:

- Define el nivel de proactividad de mantenimiento para evitar aquella falla.
- Ahorro de tiempo y energía.
- Deben ser establecidos por el personal de mantenimiento.

4.5.3. Modos de falla funcional

El análisis de un modo de fallo debe ser identificado y evaluado según los parámetros establecidos por el usuario o propietario de la maquinaria para así establecer una política adecuada enfocada a la gestión de fallos.

La lista de modos de fallo debe incluir factores asociados a la pérdida de la capacidad, esto puede suceder debido causas principales como el deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme y errores humanos.

4.5.4. Causa de falla

Es imprescindible determinar qué ocasionó un fallo, para tomar en cuenta en la estrategia de mantenimiento proactivo. Además, un histórico ayuda a determinar correctamente las decisiones sobre un activo. Para complementar el análisis, se recomienda emplear el

Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (AMFE) para establecer objetivamente el punto de partida.

4.5.5. Efecto de falla

Un registro efectivo de las fallas con una descripción precisa de las evidencias, las amenazas a la seguridad o medio ambiente, afección a la producción, daños físicos y acciones correctivas permiten a los analistas de RCM plantear nuevas propuestas enfocadas en la mejora continua a nivel de mantenimiento o a nivel organizacional.

4.5.6. Consecuencias de fallo

Es importante diferenciar de la definición de un efecto de falla, según Moubray (1997) indica que responde a la pregunta “¿qué ocurre?” y una consecuencia responde a la pregunta “¿qué importancia tiene?”. La gravedad de los efectos de falla determina qué nivel de proactividad se necesitan en los siguientes aspectos:

- Consecuencias ambientales y para la seguridad: Un modo de falla tiene consecuencias sobre la seguridad si afecta la integridad física del operario, por otro lado, el ambiente se ve afectado si se infringe alguna normativa o reglamento legal conocido.
- Consecuencias operacionales: Estas consecuencias afectan al volumen de producción, calidad del producto, servicio al cliente e incremento del costo operacional sumado a los costes de reparación. En el sector de transporte, si un activo falla, puede desencadenar una serie de consecuencias que provocan el retraso en la cadena de producción, es evidente que en este apartado es donde las tareas proactivas tienen más relevancia.
- Consecuencias no operacionales: Se relacionan con daños secundarios relacionados con los costos de reparación adicionales.

- Consecuencias de fallas ocultas: Ante la falla de protecciones o alertas de seguridad de los equipos, puede ocasionar un fallo múltiple, por esta razón es importante contemplar revisiones periódicas en el plan de mantenimiento.

Para mitigar el impacto, es indudable que se deben evaluar los fallos en nivel de importancia para establecer estrategias proactivas que beneficien a los activos, operarios, medio ambiente y a la estructura organizacional.

4.5.7. Diagrama de Pareto

Muy comúnmente empleado en las industrias, el diagrama de Pareto se sustenta en la idea de presentar la información escrita de manera contundente, pues ante muchos problemas, ayuda a distinguir lo urgente de lo importante para optimizar los recursos como tiempo, activos o personas.

Wilfredo Pareto especifica que el 80% de las consecuencias se derivan del 20% de las causas; a esto también se conoce como la regla del “80/20”, ilustrada en la Figura 3.

Para emplear esta metodología, se debe clasificar las averías en función de sus costes (en orden decreciente) acompañado de otros factores asociados para el análisis, estos son:(C. García, 2021)

- Número de máquina: Ítem al que corresponde el activo.
- Clasificación por orden decreciente de costes: De mayor a menor.
- Costes acumulados: Valor acumulado de los costos.
- % de costes acumulados: Valor representativo en función al costo total.
- N.º de fallos por máquina: Contabilización de fallos en un cierto período.
- Fallos acumulados: Valor acumulado de fallos.

- % de fallos acumulados Valor representativo acumulado en función al número total de fallos.

Esto da lugar a la representación del gráfico que relaciones porcentaje de costes (efectos) acumulados frente a porcentajes de fallos (causas) acumulados: (C. García, 2021)

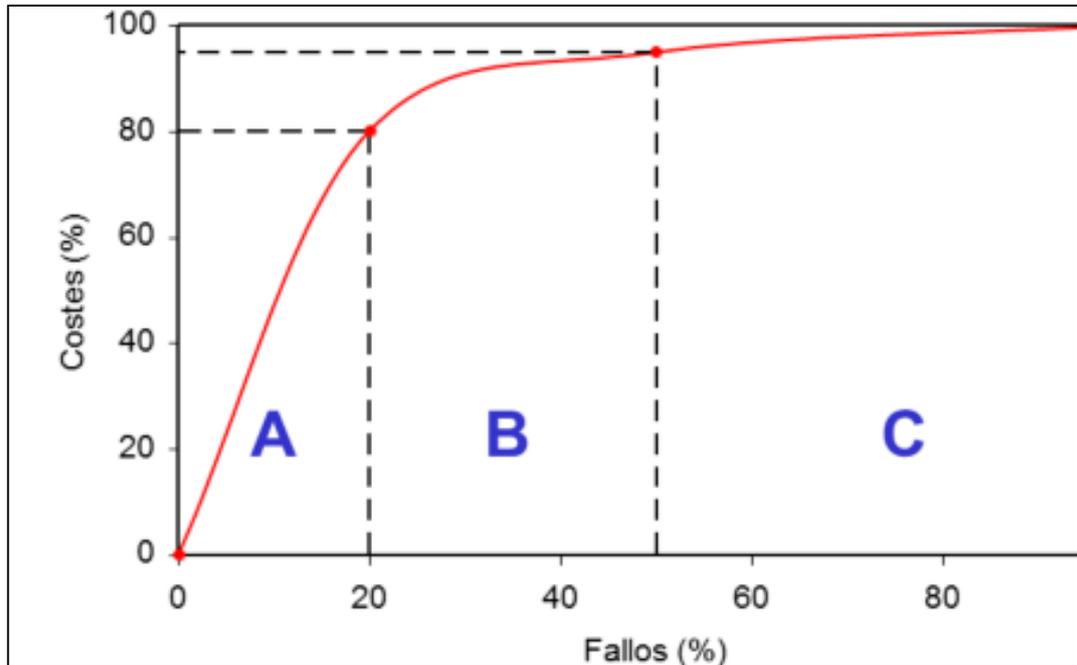


Figura 3. Esquema de diagrama de Pareto.

Fuente: (C. García, 2021)

Permite diferenciar 3 zonas:

- Zona A: De prioridades, 20-80
- Zona B: 30-15
- Zona C: 50-15

4.5.8. Análisis de Criticidad

Un análisis de criticidad es una metodología, que puede ser cualitativa o cuantitativa; que se emplea para identificar una jerarquía de criticidad de instalaciones, sistemas, equipos, etc.

En este caso, el proceso de asignación se establece a través de una valoración crítica basado en sus potenciales riesgos. Según la ISO 31000:2009, Gestión de Riesgos-Principios y Directrices, el análisis de criticidad está relacionado directamente con el Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), el cual determina el sistema, diagramas de parámetros y límites del sistema.

Además, permite identificar modos de falla, los efectos de fallo, determinar las causas raíz de los modos de falla y proporcionar los resultados para la mejora continua.

4.5.9. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

El método AMFE no se centra en el estudio directo de la equivocación humana, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. es decir, es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo [INSST], NTP 679, 2004, España)

Antes del desarrollo de la metodología es necesario determinar términos y conceptos fundamentales que se desarrollan a continuación.

4.5.9.1. Cliente o Usuario

Para la metodología AMFE, el cliente o usuario se lo define como el usuario del activo o producto fabricado, por lo tanto, el usuario dependerá a la etapa de vida del producto a la que apliquemos el proceso.

Cabe considerar por otra parte que las funciones de servicio o funciones prioritarias ayudan a determinar el grado de satisfacción del usuario, lo cual les hacen indispensables para el análisis de los elementos automotrices prioritarios.

4.5.9.2. Producto o Activo

Según AMFE se define como una pieza o un conjunto de piezas, el producto final o el mismo proceso.

Para el presente proyecto se analiza un conjunto de sistemas automotrices definidos como vehículo o automotor, mismos que se han priorizado de acuerdo la teoría de Pareto, de este modo se puede aplicar la metodología de AMFE al realizar un estudio global de los fallos, pero también de ser necesario se deberá hacer una revisión más profunda de sus partes críticas para determinar sus modos de fallo.

4.5.9.3. Seguridad de funcionamiento

Se define la seguridad de funcionamiento como la fiabilidad de respuesta a las funciones básicas del activo, sino también a la disponibilidad y fiabilidad ante posibles riesgos tanto en condiciones normales de funcionamiento como en situaciones de alto riesgo y mediante AMFE se va a cuantificar y valorar los modos de fallo.

4.5.9.4. Detectabilidad

Es el concepto fundamental en AMFE, pues si un fallo se produce durante un proceso, inmediatamente se trata de averiguar cuan probable es que no se pueda descubrir, es decir, mientras más difícil sea de detectar el fallo, más tiempo debe ser empleado y, por ende, las consecuencias pueden agravarse. La Tabla 3, describe esta clasificación:

Clasificación de Facilidad de Detección		
Facilidad de detección	Descripción	Clasificación No.
Absolutamente imposible	No hay controles conocidos disponibles para la detección del modo de falla.	10
Muy remoto	Probabilidad muy remota de que los controles actuales detecten el modo de falla.	9
Remoto	Probabilidad remota de que los controles actuales detecten el modo de falla	8

Muy bajo	Baja probabilidad remota de que los controles actuales detecten el modo de falla.	7
Bajo	Baja probabilidad remota de que los controles actuales detecten el modo de falla.	6
Moderado	Probabilidad remota moderada de que los controles actuales detecten el modo de falla.	5
Moderadamente Alto	Probabilidad remota moderadamente alta de que los controles actuales detecten el modo de falla.	4
Alto	Alta probabilidad remota de que los controles actuales detecten el modo de falla.	3
Muy alto	Probabilidad remota muy alta de que los controles actuales detecten el modo de falla.	2
Casi seguro	Se conocen controles confiables con procesos similares y controles actuales casi seguros para detectar el modo de falla.	1

Tabla 3. Facilidad de detección.

Fuente: (D. Kiran, 2017)

4.5.9.5. Frecuencia o probabilidad de ocurrencia

Es la medida de ocurrencia de un potencial fallo, es decir es la probabilidad de manifestación de un fallo, valorada en el intervalo de 1 a 10 tal como describe la Tabla 4.

Clasificación de Probabilidad de Ocurrencia			
Probabilidad de Ocurrencia	Descripción	Tasa de falla posible	Clasificación No.
Muy alto	Fallo es casi inevitable	>1 en 2	10
		1 en 3	9
Alto	Generalmente asociado con los fallos continuos de los procesos similares anteriores.	1 en 8	8
		1 en 20	7
Moderado	Generalmente asociado con los fallos ocasionales de los procesos similares anteriores.	1 en 80	6
		1 en 400	5
		1 en 2000	4
Bajo	Fallos aislados asociados a procesos similares.	1 en 15,000	3
Muy bajo	Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150,000	2
Remoto	El fracaso es poco probable. Nunca hubo fallas asociadas con procesos casi idénticos.	<1 en 1,500,000	1

Tabla 4. Clasificación de probabilidad de ocurrencia.

Fuente: (Dhillon, 1999)

4.5.9.6. Gravedad o severidad

Es la consecuencia del fallo según la percepción del cliente, descrita en la Tabla 5.

Clasificación de severidad de los efectos		
Efectos	Severidad del Efecto	Factor de Severidad
Peligro sin previo aviso	Clasificación muy alta con posibles modos de falla que afectan la operación segura y el incumplimiento de la regulación. La falla ocurre sin previo aviso.	10
Peligro con aviso	Clasificación muy alta con posibles modos de falla que afectan la operación segura y el incumplimiento de la regulación. La falla ocurre bajo aviso.	9
Muy alto	Peligroso. Incluso si el componente no se rompe, se vuelve inoperable.	8
Alto	El fallo causa un gran grado de insatisfacción.	7
Moderado	El fallo resulta en el malfuncionamiento parcial de un producto.	6
Bajo	El fallo ocasiona pérdida de rendimiento, suficiente para causar reclamos sobre el producto.	5
Muy bajo	Ciertas características del artículo no se ajustan a las especificaciones, pero la mayoría de los clientes las notan.	4
Menor	Ciertas características del artículo no se ajustan a las especificaciones, pero los clientes promedio las notan.	3
Muy menor	Ciertas características del artículo no se ajustan a las especificaciones, pero algunos compradores exigentes las notaron.	2
Ninguno	No hay efecto.	1

Tabla 5. Factor de severidad.

Fuente:(Kiran, 2017)

4.5.10. Índice de Probabilidad de Riesgo

Se fundamenta en el cálculo de la gravedad del elemento o activo, es decir toma el producto de la Detectabilidad (D), Gravedad (G) y Frecuencia (F), (ecuación 1) el cual determina el Índice de Probabilidad de Riesgo (IPR).

(1)

$$IPR = D * G * F$$

Donde:

D: Detectabilidad.

G: Gravedad del efecto de falla.

F: Frecuencia de fallo.

Para determinar factiblemente el índice de prioridad de riesgo, se debe seguir el siguiente proceso.

- a) Detectar el modo de fallo.
- b) Asignar el número de detectabilidad.
- c) Asignar el número de gravedad.
- d) Asignar el número de frecuencia de fallo.

5. CAPÍTULO II: ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1. Descripción de la empresa Lácteos San Antonio C.A

Lácteos San Antonio C.A surge de la necesidad de comercializar leche cruda de los pequeños ganaderos, este emprendimiento nació de la mano del Sr. Alejandrino Moncayo en el año de 1975 en Cañar-Ecuador, para esta tarea se realiza una alianza estratégica con el Municipio de Guayaquil y así se inicia la comercialización de 6000 litros diarios de leche cruda.

Lácteos San Antonio dentro de su plan de marketing contempla liderar a nivel nacional la producción y comercialización de lácteos y néctares de frutas, para esto ha implementado una estrategia basada en la política de inocuidad de los alimentos, siendo su eje fundamental, lo cual garantiza que sus productos sean adecuados para la salud del consumidor y comprometidos en los siguientes aspectos:

- Disminución de riesgos mediante la mejora continua.
- Cumpliendo con los requisitos legales solicitados por la ley y satisfaciendo las necesidades de los clientes en productos.
- Brindando un ambiente de trabajo cómodo, estable y seguro para los colaboradores.

La marca Nutrí es lácteos San Antonio C.A, con personería jurídica en derecho público, con autonomía financiera, administrativa, operativa y patrimonial esto con el propósito de cumplir con las exigencias legales y requisitos para la prestación eficiente los productos descritos en la Tabla 6.

Productos comercializados			
Leche	Queso	Mantequilla	Yogurt
Crema de leche	Jugo	Avena	Leche en polvo

Tabla 6. Gama de productos Nutri.

Fuente: Lácteos San Antonio C.A.

5.2. Descripción de la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A

La empresa Lácteos San Antonio C.A cuenta con una flota de 18 vehículos pesados de diferentes marcas. Los camiones y tractocamiones son los encargados de transportar producto terminado y los camiones tanqueros abastecen de materia prima a la planta de procesamiento en Cuenca.

La flota vehicular pesada es el músculo que mueve a la empresa, por tal razón el buen tiempo de funcionamiento y el tiempo utilizado en mantenimiento es fundamental para el progreso y adelanto de Lácteos San Antonio C.A.

Nutrí busca entregar productos de calidad y en óptimas condiciones para el consumidor y para los distribuidores, además de cumplir con la entrega oportuna y ha tiempo en todos los puntos de distribución, mismo que se ilustra en la Tabla 7 la distribución geográfica y el número de unidades de la flota vehicular pesada de Lácteos San Antonio C.A.

Zona	Ubicación	# de Vehículos
A	Cuenca	6
B	Riobamba	3
C	San Antonio	9

Tabla 7. Constitución de flota de vehículos de Lácteos San Antonio C.A.

Fuente: Autores.

5.3. Especificaciones de la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio C.A

La flota vehicular de la empresa lácteos San Antonio C.A esta constituida por 18 vehículos, mismos que están distribuidos entre tractocamiones y camiones para transporte de materia prima o producto terminado, los cuales se indican a detalle con sus respectivas características técnicas en la Tabla 8.

Código	Placa	Zona	Marca	Función	Categoría	Año Mod.
SA01	ADO0691	C	Hino	Tanquero	Pesado	2003
SA03	AFN0553	C	Mercedes	Tanquero	Pesado	2006
SA04	TDQ0909	B	Hino	Tanquero	Pesado	2009
SA05	ABB1228	A	Hino	Transporte	Pesado	2010
SA06	ABB1460	C	Hino	Tanquero	Pesado	2010
SA07	UCA0670	B	Hino	Tanquero	Pesado	2010

SA10	PBR4942	A	Hino	Transporte	Pesado	2011
SA11	UCA0840	B	Hino	Tanquero	Pesado	2011
SA12	ABB8659	A	Hino	Transporte	Pesado	2012
SA14	ABC8588	C	Hino	Tanquero	Pesado	2012
SA16	UAF0844	C	Hino	Tanquero	Pesado	2012
SA18	AAA2833	A	Kenworth	Transporte	Pesado	2015
SA19	ABE2729	C	Hino	Tanquero	Pesado	2015
SA20	ABF1156	C	Hino	Tanquero	Pesado	2015
SA21	TBE7649	C	Hino	Tanquero	Pesado	2015
SA35	ABF2100	A	Hino	Transporte	Pesado	2017
SA38	UBA4610	C	Hino	Tanquero	Pesado	2018
SA41	UBA4609	A	Mercedes	Transporte	Pesado	2019

Tabla 8: Flota vehicular de la empresa lácteos San Antonio C.A.

Fuente: Autores

Cabe destacar la importancia estos activos ante normativas ecuatorianas, por tanto, es imprescindible revisar las funciones específicas de diseño para los vehículos, descritos en el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN-034, Reglamento de aplicación de la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, mismo que especifica:

- **Asiento:** Elemento conformado por una estructura interna la cual va sujeta al bastidor del vehículo, este debe ser ergonómica para que el usuario se siente, pudiendo ser este individual o de uso múltiple.
- **Capacidad de arrastre:** es el peso máximo ha remolcar por el vehículo.
- **Capacidad de carga:** se trata de la carga útil que el automotor puede soportar sobre el bastidor.
- **Carrocería:** estructura complementaria fijada al bastidor con el fin de transportar personas y/o carga.
- **Chasis:** configuración de elementos conformado por bastidor, tren de fuerza motriz y demás sistemas automotrices.
- **Eje:** componente mecánico el cual soporta al vehículo atreves de la suspensión y el cual facilita la movilidad del automotor.

- **Pasajero:** individuo que se sirve del transporte público o privado para trasladarse de un punto a otro.
- **Peso bruto vehicular (PBV):** Se trata de la Tara (peso en vacío) del vehículo más la capacidad de carga del diseño.
- **Peso bruto vehicular combinado:** Es el peso de la Tara sumado con el de arrastre.
- **Plaza:** espacio designado para el uso de las personas.
- **Vehículo:** medio de transporte el cual puede ser autopropulsado o no.

En este contexto se presenta la clasificación según la normativa INEN 2656, la cual indica que los vehículos se clasifican en categorías denominadas L, M, M2, M3, N, O, O4 y en categorías especiales SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG y otros. Para el análisis de este proyecto, los vehículos pertenecen a las categorías descritas en la Tabla 9.

Código	Subclase	Clase	Descripción
CML	N1	Camión Ligero	Vehículo para transporte de carga provisto de un chasis caminado al que se puede al que se le puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
CMM	N2	Camión Mediano	Vehículo para transporte de carga provisto de un chasis caminado al que se puede al que se le puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
CMP	N3	Camión Pesado	Vehículo para transporte de carga provisto de un chasis caminado al que se puede al que se le puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 o más ejes.

Tabla 9: Correspondencia de la flota vehicular de la empresa según normativa INEN 2656

La clasificación de la flota vehicular se vuelve un punto indispensable para la implementación de la metodología RCM en el presente proyecto, ya que los conceptos técnicos normalizados, facilitan la descripción de las funciones.

5.4. Número de fallos y costos totales

Mediante un análisis de datos del historial de mantenimiento se determinó el número total de fallas y costos en los cuales la empresa ha incurrido por concepto de mantenimiento

correctivo y las causas de las averías. Con el fin de tener un criterio óptimo sobre fallos y costos por automotor, se han inferido mediante la observación del histórico desde el año 2020-2022, resultados presentados en la Tabla 10.

Código	Placa	Zona	Marca	Función	Año Mod.	# Fallos	Coste Total
SA03	AFN0553	C	Mercedes	Tanquero	2006	275	\$ 14.838,32
SA16	UAF0844	C	Hino	Tanquero	2012	211	\$ 5.245,44
SA14	ABC8588	C	Hino	Tanquero	2012	241	\$ 8.045,44
SA06	ABB1460	C	Hino	Tanquero	2010	184	\$ 4.624,71
SA12	ABB8659	A	Hino	Transporte	2012	161	\$ 4.890,59
SA20	ABF1156	C	Hino	Tanquero	2015	157	\$ 5.132,00
SA41	UBA4609	A	Mercedes	Transporte	2019	154	\$ 6.926,29
SA21	TBE7649	C	Hino	Tanquero	2015	148	\$ 3.944,68
SA18	AAA2833	A	Kenworth	Transporte	2015	139	\$ 6.973,30
SA38	UBA4610	C	Hino	Tanquero	2018	122	\$ 3.193,18
SA19	ABE2729	C	Hino	Tanquero	2015	121	\$ 3.954,72
SA05	ABB1228	A	Hino	Transporte	2010	17	\$ 824,73
SA35	ABF2100	A	Hino	Tanquero	2017	11	\$ 672,22
SA01	ADO0691	C	Hino	Tanquero	2003	269	\$ 9.507,79
SA04	TDQ0909	B	Hino	Tanquero	2009	138	\$ 6.590,96
SA07	UCA0670	B	Hino	Tanquero	2010	245	\$ 12.143,81
SA11	UCA0840	B	Hino	Tanquero	2011	265	\$ 19.197,88
SA10	PBR4942	A	Hino	Transporte	2011	162	\$ 3.620,37

Tabla 10: Número de fallos y costos totales.

Fuente: Autores.

Para el análisis de fallos en la flota se considera el histórico de mantenimientos, mismo del que se ha podido extraer información valiosa de los documentos que reposan en el departamento de mantenimiento automotriz de Lácteos San Antonio S.A, en este contexto se procede con la tabulación y estudio de los datos obtenidos, para la estructuración de un informe detallado del mantenimiento correctivo, como también determinar la frecuencia de los fallos ocurridos, costos de mantenimiento y demás fallos en los que se vea comprometido el vehículo.

La información recolectada es la base en la cual se construirá la metodología de mantenimiento basada en la confiabilidad, la cual permitirá determinar de manera eficiente la criticidad de los fallos, apoyados de información cuantitativa que permitirá medir la criticidad del elemento, para la elaboración de un plan de mantenimiento.

En atención a lo expuesto se plantea de manera metódica la organización y tabulación de la información recopilada de los mantenimientos realizados a la flota vehicular, esto será de gran utilidad, al sistematizar la información se podrá acceder a ella de manera eficiente y en menor tiempo a los datos históricos para la implementación y toma de decisiones efectivas, la Tabla 11 muestra el ejemplo de registro del vehículo SA14, placas: ABC8588.

Cod. Vehículo	Placa	Código actividad	Sistema Automotriz	Sub-Sistema	Actividad	Km
SA14	ABC8588	TR-CA-CR	Transmisión	Caja de cambios	Cruceta de cardán	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-TU	Transmisión	Caja de cambios	Tuerca de brida de caja de cambios	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-SE	Transmisión	Caja de cambios	Selector caja de cambio	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-BU	Transmisión	Caja de cambios	Buje de palanca de selector	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-BR	Transmisión	Caja de cambios	Brida de cardán posterior	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-CA	Transmisión	Caja de cambios	Cambio de cruceta de cardán y brida	638774
SA14	ABC8588	TR-CA-DE	Transmisión	Caja de cambios	Desmontaje de brida de caja de cambios, instalación de tuerca de seguridad	638774
SA14	ABC8588	MO-DI-01	Motor	Distribución	01 Banda de accesorios (juego)	638774
SA14	ABC8588	MO-DI-02	Motor	Distribución	02 Banda de aire acondicionado	638774
SA14	ABC8588	MO-DI-03	Motor	Distribución	03 Cambio de bandas de ventilación, aire acondicionado	638774
SA14	ABC8588	GE-GE-02	General	General	02 Tuerca m14	638774
SA14	ABC8588	GE-GE-03	General	General	03 Perno M14	638774
SA14	ABC8588	EL-IL-RE	Eléctrico	Iluminación	Revisión-arreglo de sistema eléctrico	638774
SA14	ABC8588	MO-LU-AC	Motor	Lubricación	Aceite 15w40 CK4	635471
SA14	ABC8588	MO-LU-01	Motor	Lubricación	01 Filtro de aceite	635471
SA14	ABC8588	MO-LU-02	Motor	Lubricación	02 Filtro de combustible	635471
SA14	ABC8588	MO-LU-03	Motor	Lubricación	03 Filtro racor	635471
SA14	ABC8588	MO-AD-04	Motor	Admisión y escape	04 Filtro de aire primario	635471
SA14	ABC8588	MO-AD-05	Motor	Admisión y escape	05 Filtro de aire secundario	635471
SA14	ABC8588	MO-LU-07	Motor	Lubricación	07 Cambio de aceite y filtros	635471
SA14	ABC8588	BA-LU-01	Bastidor	Lubricación	01 Grasa grafitada	635471
SA14	ABC8588	SU-PU-EN	Suspensión	Puntos de unión	Engrasado general del vehículo	635471
SA14	ABC8588	MO-LU-AC	Motor	Lubricación	Aceite 15w40 Ck4	630235
SA14	ABC8588	MO-LU-01	Motor	Lubricación	01 Filtro de aceite	630235
SA14	ABC8588	MO-LU-02	Motor	Lubricación	02 Filtro de combustible	630235
SA14	ABC8588	MO-LU-03	Motor	Lubricación	03 Filtro Racor	630235
SA14	ABC8588	MO-AD-04	Motor	Admisión y escape	04 Filtro de aire primario	630235
SA14	ABC8588	MO-AD-05	Motor	Admisión y escape	05 Filtro de aire secundario	630235
SA14	ABC8588	MO-LU-07	Motor	Lubricación	07 Cambio de aceite y filtros	630235

SA14	ABC8588	BA-LU-01	Bastidor	Lubricación	01 Grasa grafitada	630235
SA14	ABC8588	SU-PU-EN	Suspensión	Puntos de unión	Engrasado general del vehículo	630235
SA14	ABC8588	DI-HI-AC	Dirección	Hidráulico	Aceite hidráulico	630235
SA14	ABC8588	DI-HI-DE	Dirección	Hidráulico	Desmontaje de manguera, depósito hidráulico	630235
SA14	ABC8588	DI-HI-RE	Dirección	Hidráulico	Reconstrucción de circuito hidráulico	630235
SA14	ABC8588	GE-GE-AB	General	General	Abrazadera metálica	630235
SA14	ABC8588	TR-GR-04	Transmisión	Grupo diferencial	04 Rodillo centro de cardán	526990
SA14	ABC8588	TR-GR-05	Transmisión	Grupo diferencial	05 Desmontaje de cardán	526990
SA14	ABC8588	DI-CA-BA	Dirección	Caja de dirección	Barra de dirección	526990
SA14	ABC8588	DI-CA-CA	Dirección	Caja de dirección	Cambio de barras de dirección	526990
SA14	ABC8588	FR-ZA-RO	Frenos	Zapatas	Rodillo de zapata	529828
SA14	ABC8588	FR-ZA-08	Frenos	Zapatas	08 Resortes para zapatas	529828
SA14	ABC8588	GE-GE-SI	General	General	Silicón gris	529828
SA14	ABC8588	FR-ZA-09	Frenos	Zapatas	09 Cambio de rodillo de zapata	529828
SA14	ABC8588	MO-LU-AC	Motor	Lubricación	Aceite 15w40 Ck4	528326
SA14	ABC8588	MO-LU-01	Motor	Lubricación	01 Filtro de aceite	528326
SA14	ABC8588	MO-LU-02	Motor	Lubricación	02 Filtro de combustible	528326
SA14	ABC8588	MO-LU-03	Motor	Lubricación	03 Filtro racor	528326
SA14	ABC8588	BA-LU-01	Bastidor	Lubricación	01 Grasa grafitada	528326
SA14	ABC8588	SU-PU-EN	Suspensión	Puntos de unión	Engrasado general del vehículo	528326
SA14	ABC8588	FR-ZA-IN	Frenos	Zapatas	Inspección de zapatas	528326
SA14	ABC8588	FR-RE-AB	Frenos	Reglajes	ABC de frenos	528326
SA14	ABC8588	MO-LU-07	Motor	Lubricación	07 Cambio de aceite y filtros	528326

Tabla 11: Procesamiento de datos.

Fuente: Autores.

La tabla maestra de datos permite organizar la información de manera técnica y sistemática lo cual facilita encontrar los datos históricos de los vehículos de forma puntual e inmediata, optimizando el tiempo de respuesta de los colaboradores.

Una vez organizados los datos se procede con el análisis de criticidad considerando como variable de estudio los costos incurridos por concepto de mantenimiento correctivo, en base a los datos consolidados, se aplica la metodología de Pareto para determinar las consecuencias y las causas que provocan que los vehículos entren en modo de fallo. En la Tabla 12 se presenta el análisis de criticidad de la flota de transportes de carga pesada Lácteos San Antonio C.A.

Código	Placa	# Fallos	Costos	Costo %	Costo acumulado
SA03	AFN0553	275	\$ 14,838.32	12%	12%
SA18	AAA2833	139	\$ 6,973.30	6%	18%
SA41	UBA4609	153	\$ 6,921.83	6%	24%
SA14	ABC8588	241	\$ 8,045.44	7%	31%
SA16	UAF0844	211	\$ 5,245.44	4%	35%
SA20	ABF1156	157	\$ 5,132.00	4%	39%
SA12	ABB8659	161	\$ 4,890.59	4%	43%
SA06	ABB1460	184	\$ 4,624.71	4%	47%
SA19	ABE2729	121	\$ 3,954.72	3%	50%
SA21	TBE7649	148	\$ 3,944.68	3%	54%
SA38	UBA4610	122	\$ 3,193.18	3%	56%
SA05	ABB1228	17	\$ 824.73	1%	57%
SA35	ABF2100	11	\$ 672.22	1%	57.6%
SA01	ADO0691	269	\$ 9,507.79	8%	65%
SA04	TDQ0909	138	\$ 6,590.96	5%	71%
SA07	UCA0670	245	\$ 12,143.81	10%	81%
SA11	UCA0840	265	\$ 19,197.88	16%	97%
SA10	PBR4942	162	\$ 3,620.37	3%	100%
Totales		3019	\$ 120,321.98	100,00%	

Tabla 12: Criticidad de flota vehicular lácteos San Antonio C.A.

Fuente: Autores.

5.5. Procesamiento de los datos: Teoría de Pareto.

El levantamiento y organización de la información de la flota vehicular Lácteos San Antonio C.A, permite inferir resultados con respecto a los costos por concepto de mantenimiento, en este sentido, se consideran los equipos que más impacto negativo están generando a la empresa, es decir un posible gasto no controlado. De esta manera y mediante la aplicación de la teoría de Pareto se determinan los vehículos críticos a intervenir, tal como se muestra en la Figura 4.

Es necesario mencionar que los activos SA04, SA07 y SA11 se excluyen del análisis de criticidad, dado que el monto indicado proviene del registro de SAP, es por esto por lo que dificulta asociar el kilometraje a un fallo y, por ende, el valor monetario corresponde al valor total por el cual se registra la orden de trabajo. En la Figura 5, se presenta la gráfica de Pareto con la excepción considerada.

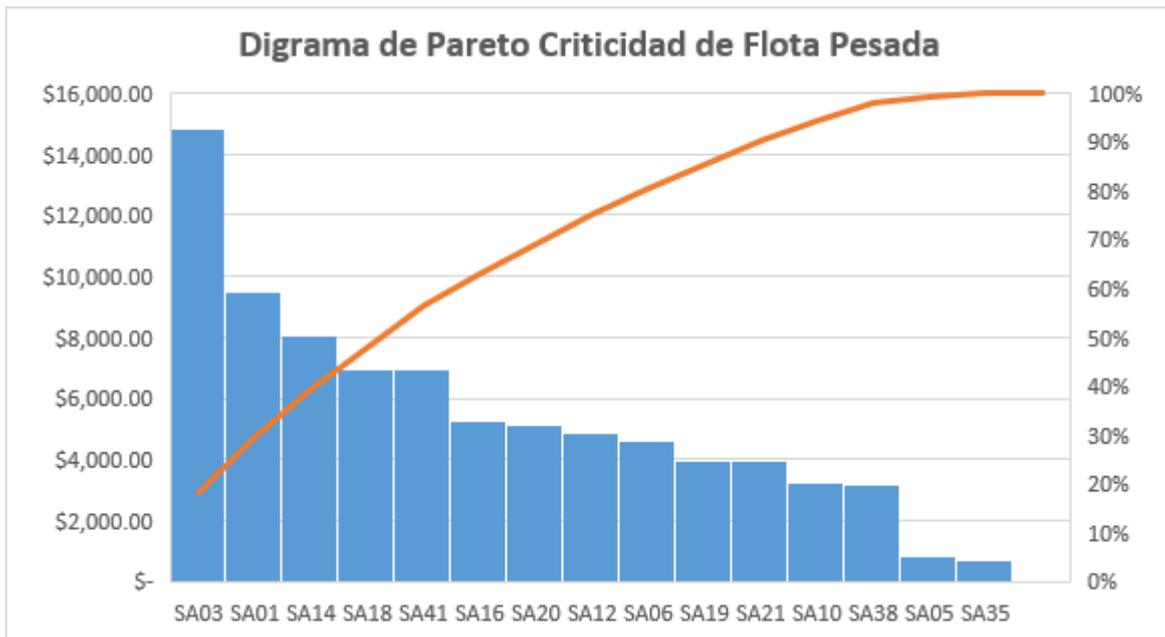


Figura 4. Digrama de Pareto del equipo vehicular.

Fuente: Autores.

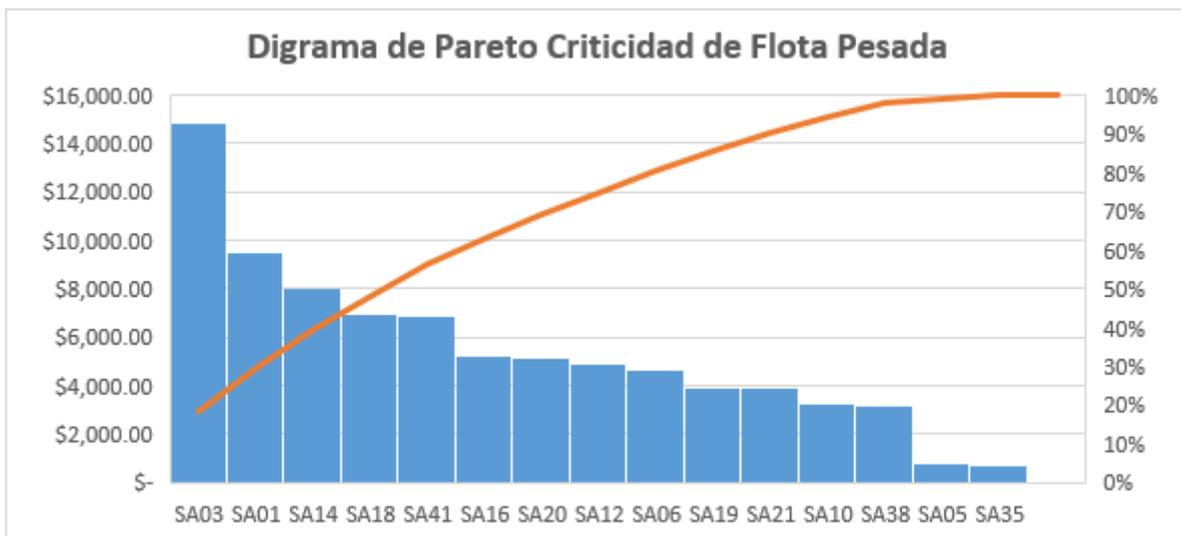


Figura 5. Digrama de Pareto para análisis de criticidad de la Flota vehicular de Lácteos San Antonio C.A

Fuente: Autores

Mediante la aplicación de la teoría de Pareto la empresa busca una mejora continua en sus procesos y de esta manera se evidencia que el 20% de los elementos producen el 80% de las fallas en la flota vehicular, mediante esta información se podrá focalizar el trabajo hacia la mejora continua de la gestión de mantenimiento.

Utilizando la metodología de Pareto en los distintos análisis de la información y mediante la tabulación de los datos de cada vehículo, se observa el estado de cada vehículo de la flota vehicular. En este contexto se establece cuáles son los elementos automotrices con mayor índice de fallo, a los cuales se los someterá al estudio aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

Se hace énfasis que la teoría de Pareto nos ayuda a seleccionar las prioridades con respecto a los fallos detectados en los elementos automotrices. La importancia de utilizar la teoría de Pareto es que fundamental para la implementación de un plan de mantenimiento focalizado en los vehículos y elementos automotrices identificados como críticos. A través de la selección prioritaria, se han tomado de la Figura 5 los activos SA03, SA01, SA14, SA18, SA41, SA16, SA20 y SA12 para considerarlos como críticos.

5.6. Aplicación de la Teoría de Pareto por vehículo.

Una vez ordenada y organizada la información, se obtiene la Tabla 13, en donde se indican los elementos con la mayor frecuencia de ocurrencia que ha tenido el vehículo SA03, los datos fueron extraídos de matriz de almacenamiento de información de la empresa Lácteos San Antonio S.A. En la columna cinco de la Tabla 13, se evidencia el número de fallos que se ha presentado cada elemento, también se incluyó el número de fallos en porcentaje, número de fallos acumulados y para completar el análisis, se incorporaron los costos de mantenimiento por falla del vehículo.

Tipo de OT	Cod. vehículo	Placa	Subsistema	# De fallos	# De fallos %	# De fallos acumulados	Valor
Correctivo	SA03	AFN0553	General	65	4,16%	4,16%	\$ 73,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	64	4,09%	8,25%	\$ 42,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	62	3,97%	12,22%	\$ 39,28
Correctivo	SA03	AFN0553	General	60	3,84%	16,06%	\$ 32,50
Correctivo	SA03	AFN0553	General	58	3,71%	19,77%	\$ 26,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	56	3,58%	23,35%	\$ 19,64
Correctivo	SA03	AFN0553	General	54	3,45%	26,81%	\$ 17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	52	3,33%	30,13%	\$ 17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	50	3,20%	33,33%	\$ 16,07

Correctivo	SA03	AFN0553	General	48	3,07%	36,40%	\$ 14,29
Correctivo	SA03	AFN0553	General	46	2,94%	39,35%	\$ 10,80
Correctivo	SA03	AFN0553	General	44	2,82%	42,16%	\$ 10,50
Correctivo	SA03	AFN0553	General	42	2,69%	44,85%	\$ 10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	40	2,56%	47,41%	\$ 8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	General	38	2,43%	49,84%	\$ 7,23
Correctivo	SA03	AFN0553	General	36	2,30%	52,14%	\$ 7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	General	34	2,18%	54,32%	\$ 7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	General	33	2,11%	56,43%	\$ 6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	31	1,98%	58,41%	\$ 6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	29	1,86%	60,27%	\$ 4,46
Correctivo	SA03	AFN0553	General	27	1,73%	62,00%	\$ 3,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	20	1,28%	63,28%	\$ 132,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	19	1,22%	64,49%	\$ 40,65
Correctivo	SA03	AFN0553	General	25	1,60%	66,09%	\$ 3,04
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	18	1,15%	67,24%	\$ 28,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	17	1,09%	68,33%	\$ 22,32
Correctivo	SA03	AFN0553	General	23	1,47%	69,80%	\$ 2,68
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	16	1,02%	70,83%	\$ 16,26
Correctivo	SA03	AFN0553	General	22	1,41%	72,23%	\$ 2,60
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	15	0,96%	73,19%	\$ 14,28
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	14	0,90%	74,09%	\$ 13,40
Correctivo	SA03	AFN0553	General	20	1,28%	75,37%	\$ 2,39
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	13	0,83%	76,20%	\$ 12,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	12	0,77%	76,97%	\$ 517,85
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	12	0,77%	77,74%	\$ 10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	18	1,15%	78,89%	\$ 2,23
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	11	0,70%	79,59%	\$ 178,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	11	0,70%	80,29%	\$ 8,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	10	0,64%	80,93%	\$ 169,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	10	0,64%	81,57%	\$ 7,59
Correctivo	SA03	AFN0553	General	16	1,02%	82,60%	\$ 1,80
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	9	0,58%	83,17%	\$ 225,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	9	0,58%	83,75%	\$ 66,96
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	9	0,58%	84,33%	\$ 7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	8	0,51%	84,84%	\$ 66,96
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	8	0,51%	85,35%	\$ 60,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	8	0,51%	85,86%	\$ 7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	General	13	0,83%	86,69%	\$ 1,79
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	7	0,45%	87,14%	\$ 196,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	7	0,45%	87,59%	\$ 60,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	7	0,45%	88,04%	\$ 53,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	7	0,45%	88,48%	\$ 24,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	7	0,45%	88,93%	\$ 7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	6	0,38%	89,32%	\$ 125,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	6	0,38%	89,70%	\$ 44,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	6	0,38%	90,08%	\$ 29,02
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	6	0,38%	90,47%	\$ 20,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	6	0,38%	90,85%	\$ 6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	10	0,64%	91,49%	\$ 1,61
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	5	0,32%	91,81%	\$ 71,43
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	5	0,32%	92,13%	\$ 35,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	5	0,32%	92,45%	\$ 17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	5	0,32%	92,77%	\$ 15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	5	0,32%	93,09%	\$ 5,72

Correctivo	SA03	AFN0553	Puntos de unión	4	0,26%	93,35%	\$ 357,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Bomba de dirección	4	0,26%	93,60%	\$ 260,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	4	0,26%	93,86%	\$ 37,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	4	0,26%	94,11%	\$ 31,25
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	4	0,26%	94,37%	\$ 16,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	4	0,26%	94,63%	\$ 10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	4	0,26%	94,88%	\$ 5,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	6	0,38%	95,27%	\$ 1,61
Correctivo	SA03	AFN0553	Reparación	3	0,19%	95,46%	\$ 301,79
Correctivo	SA03	AFN0553	Puntos de unión	3	0,19%	95,65%	\$ 243,75
Correctivo	SA03	AFN0553	Habitáculo	3	0,19%	95,84%	\$ 116,07
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	3	0,19%	96,03%	\$ 30,36
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	3	0,19%	96,23%	\$ 24,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Ahogador	3	0,19%	96,42%	\$ 14,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	3	0,19%	96,61%	\$ 13,39
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	3	0,19%	96,80%	\$ 8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	3	0,19%	96,99%	\$ 3,60
Correctivo	SA03	AFN0553	Habitáculo	2	0,13%	97,12%	\$ 102,15
Correctivo	SA03	AFN0553	Retardador	2	0,13%	97,25%	\$ 85,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Distribución	2	0,13%	97,38%	\$ 81,25
Correctivo	SA03	AFN0553	Reparación	2	0,13%	97,50%	\$ 80,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Bomba de dirección	2	0,13%	97,63%	\$ 30,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	2	0,13%	97,76%	\$ 26,79
Correctivo	SA03	AFN0553	Inyección	2	0,13%	97,89%	\$ 25,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Admisión y escape	2	0,13%	98,02%	\$ 21,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	2	0,13%	98,14%	\$ 17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	Puntos de unión	2	0,13%	98,27%	\$ 17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	2	0,13%	98,40%	\$ 8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	2	0,13%	98,53%	\$ 8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Ahogador	2	0,13%	98,66%	\$ 4,46
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	2	0,13%	98,78%	\$ 2,70
Correctivo	SA03	AFN0553	Caja de cambio	1	0,06%	98,85%	\$ 3.289,28
Correctivo	SA03	AFN0553	Caja de dirección	1	0,06%	98,91%	\$ 120,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Lubricación	1	0,06%	98,98%	\$ 44,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Bomba de dirección	1	0,06%	99,04%	\$ 30,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Habitáculo	1	0,06%	99,10%	\$ 28,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Eje	1	0,06%	99,17%	\$ 21,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Distribución	1	0,06%	99,23%	\$ 20,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Amortiguación	1	0,06%	99,30%	\$ 16,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Puntos de unión	1	0,06%	99,36%	\$ 15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Zapatas	1	0,06%	99,42%	\$ 15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Retardador	1	0,06%	99,49%	\$ 15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Admisión y escape	1	0,06%	99,55%	\$ 15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Inyección	1	0,06%	99,62%	\$ 10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Neumático	1	0,06%	99,68%	\$ 8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Reparación	1	0,06%	99,74%	\$ 3,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Iluminación	1	0,06%	99,81%	\$ 2,70
Correctivo	SA03	AFN0553	Hidráulico	1	0,06%	99,87%	\$ 1,25

Correctivo	SA03	AFN0553	Ahogador	1	0,06%	99,94%	\$ 0,70
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1	0,06%	100,00%	\$ 0,45
Totales				1563	100,00%		\$ 8.363,59

Tabla 13: Sistematización de datos de vehículo SA03.

Fuente: Autores.

En la Figura 6 se presenta el análisis de la gráfica elaborada mediante la teoría de Pareto y aplicada al automotor SA03, la cual deriva a partir de la Tabla 13 y de esta manera determinando que los elementos que necesitan intervención urgente son la iluminación e insumos generales del vehículo, en este contexto, se puede corroborar que efectivamente el 20% de las fallas representan el 80% de las consecuencias.

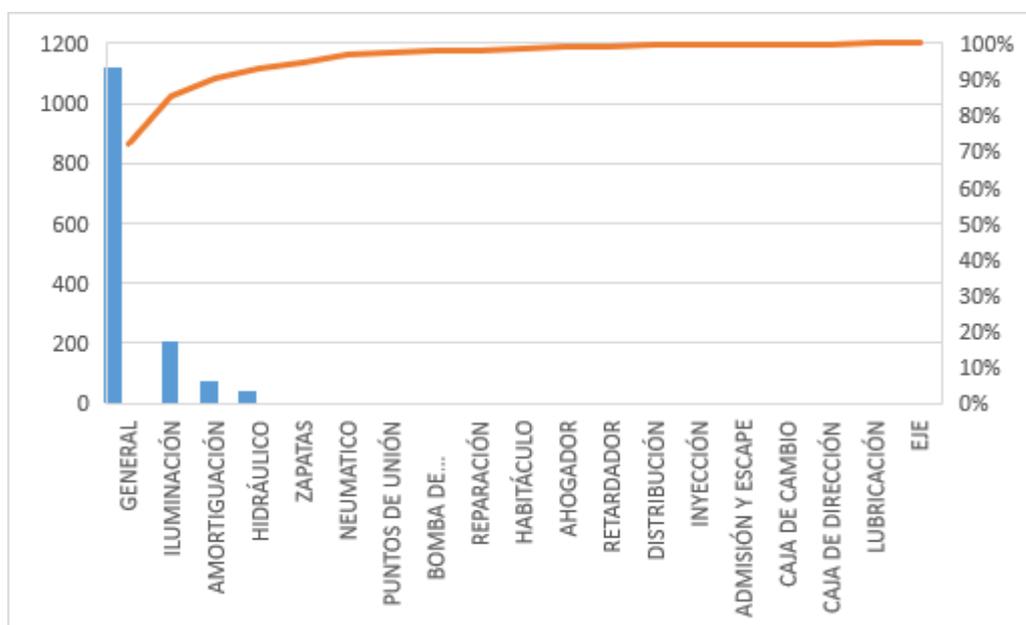


Figura 6: Análisis de diagrama de Pareto de vehículo SA03.

Fuente: Autores.

Una vez obtenidos los resultados aplicados por teoría de Pareto, ahora se infiere los dos elementos necesitan intervención, los cuales, más adelante analiza mediante la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). De la misma manera se aplicará esta misma metodología a todas las unidades señaladas en la Tabla 14, implementando un plan de mantenimiento centrado en los elementos que presentan fallo con mayor frecuencia y de esta forma mitigar o eliminar las causas que producen la avería.

Bajo este contexto se aplica la misma metodología de la teoría de Pareto para toda la flota vehicular pesada de Lácteos San Antonio C.A, que partiendo de este estudio se obtiene información relevante de los elementos prioritarios a intervenir para cada uno de los activos, como ilustra la Tabla 14.

Flota vehicular pesada Lácteos San Antonio C. A																		
Elemento	SA 01	SA 03	SA 04	SA 05	SA 06	SA 07	SA 10	SA 11	SA 12	SA 14	SA 16	SA 18	SA 19	SA 20	SA 21	SA 35	SA 38	SA 41
Frenos	30	4	0	0	5	0	9	0	11	8	15	1	6	12	17	0	12	0
Motor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carrocería	3	3	0	0	15	0	9	0	4	11	11	0	8	8	5	0	7	0
Caja de cambios	0	2	0	0	2	0	2	0	2	2	1	2	1	1	2	0	2	2
Pines bocines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Luces	1	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	1	0	1	4	0	0	0
Brazo de dirección	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ratchet de freno	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radiador	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Amortiguador	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Ventilador	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bomba hidráulica	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de agua	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluido hidráulico	3	7	0	0	2	0	0	0	1	6	0	0	0	1	0	0	0	1
Terminal de dirección	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pulmón de aire	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Embrague	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0	1	0
Bomba de combustible	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Caja de dirección	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diferencial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Retén	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Perno guía	6	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0
Alternador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neumáticos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hojas de resorte	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ahogador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rodamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Batería	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cañería hidráulica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Empaques	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvula de circuito hidráulico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cañería de aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Sensores	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volante motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frenos	30	4	0	0	5	0	9	0	11	8	15	1	6	12	17	0	12	0
Motor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carrocería	3	3	0	0	15	0	9	0	4	11	11	0	8	8	5	0	7	0
Caja de cambios	0	2	0	0	2	0	2	0	2	2	1	2	1	1	2	0	2	2

Pines bocines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Luces	1	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	1	0	1	4	0	0	0
Brazo de dirección	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ratchet de freno	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radiador	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Amortiguador	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Ventilador	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bomba hidráulica	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de agua	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluido hidráulico	3	7	0	0	2	0	0	0	1	6	0	0	0	1	0	0	0	1
Terminal de dirección	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pulmón de aire	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Embrague	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0	1	0
Bomba de combustible	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Caja de dirección	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diferencial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Retén	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Perno guía	6	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0
Alternador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neumáticos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hojas de resorte	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ahogador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rodamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Batería	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cañería hidráulica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Empaques	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvula de circuito hidráulico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cañería de aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Sensores	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volante motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 14. Elementos automotrices prioritarios por intervenir.

Fuente: Autores.

6. CAPITULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA COFIABILIDAD (RCM)

La metodología de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad se la define como una herramienta que aplicada en los procesos de manera sistemática garantiza que los activos físicos cumplan con su servicio para el que fueron diseñados y garanticen la productividad de la empresa. El análisis del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se fundamenta en siete apartados o preguntas que se deben plantear para el desarrollo del proyecto y mediante esta aplicación se puede obtener resultados eficientes y confiables de este método, como se presenta en Figura 7.

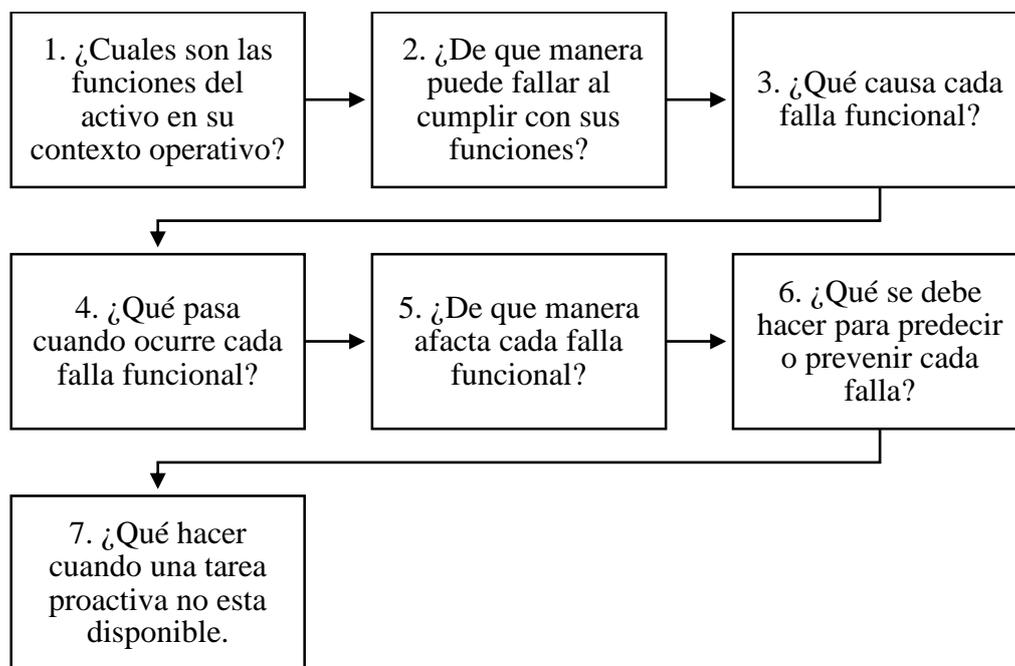


Figura 7. Proceso de mantenimiento basado en la confiabilidad.

Fuente: Autores.

6.1. Definir funciones operacionales

De acuerdo con la metodología (RCM), se aborda el primer apartado en donde se definen las funciones y niveles de rendimiento de cada vehículo, es decir, el buen tiempo de funcionamiento del vehículo, ya que si el activo entra en modo de fallo total o parcial la empresa puede afectar a la empresa en alguna manera.

Para el proceso de análisis de funciones operacionales de los elementos automotrices que estructuran los sistemas y subsistemas del automotor los cuales son indicados en la Tabla 15.

Elemento Automotriz	Función operacional
Embrague	Transmite el par del motor hacia las ruedas.
	Conexión de marchas.
	Transmisión progresiva de las marchas.
Radiador	Intercambiar la energía del aire con el fluido.
	Es parte imprescindible en el circuito de refrigeración.
	Llevar una señal eléctrica de un punto a otro.
Arnés de cables	Distribuir la energía a todos los sistemas
	Entregar corriente eléctrica de forma segura y confiable
Amortiguador	Absorber las irregularidades del terreno.
	Mantener adherencia al tomar curvas o frenar.
Cañería hidráulica	Conducir el fluido a presión.
Hojas de resorte	Soportar el peso del vehículo
	Distribuir cargas pesadas del vehículo
Motor	Transformar energía química en mecánica.
	Vencer la inercia.
	Emitir la menor cantidad posible de gases de escape.
Fluido hidráulico	Transmitir energía.
	Aumentar la vida útil de los elementos en contacto.
	Soportar cargas estáticas y dinámicas
Carrocería	Proveer seguridad.
	Proveer confort.
Luces	Iluminar el avance por carretera.
	Proveer visibilidad para otros conductores.
Manguera hidráulica	Conducir el fluido.
	Mantener constantemente la presión en el sistema.
Alternador	Generar energía eléctrica.
	Proveer un voltaje adecuado.
	Mantener con carga el acumulador de energía.
Caja de cambios	Establecer una relación de giro con respecto al cigüeñal.
	Invertir el movimiento del vehículo.
	Proveer el aumento gradual de par y velocidad.
ECM	Suministrar energía a sensores.
	Controlar entradas y salidas de sensores y actuadores.
	Gestionar las prestaciones del motor.
Frenos	Frenar gradualmente.
	Establecer una velocidad adecuada.
	Inmovilizar el vehículo.
	Soportar la masa del vehículo.

Neumáticos	Eficiencia en tracción o fuerza de frenado. Absorber impactos de terreno.
Batería	Proveer energía eléctrica a los sistemas del vehículo.
Bomba de combustible	Mantener alta presión en el sistema. Proveer combustible en la combustión. Mantener una presión máxima o mínima.
Bomba hidráulica	Mantener una presión óptima de funcionamiento. Transmitir presión. Variar la presión en función a su accionamiento.
Brazo de dirección	Transmitir la transmisión del volante hacia las ruedas.
Cañería de aire	Transmitir el movimiento de la caja de dirección a la cremallera. Conducir el fluido. Contener fugas.
Retén	No permitir el intercambio de fluidos. No permitir la interacción entre partes móviles o estacionarias.
Sensores	Convertir una acción física en una señal eléctrica. Emitir una señal de funcionamiento.
Toma de fuerza	Proveer de potencia para un accesorio. Transmitir la potencia desde el motor. Trabajar en condiciones severas.
Ahogador	Restringir el flujo de combustible o aire.
Bomba de agua	Proveer de presión para circulación. Transmitir el giro de la polea hacia los álabes.
Caja de dirección	Permitir un radio de giro reducido. Transmitir el giro del volante hacia las ruedas. Controlar la trayectoria del vehículo.
Cañería	Conducción de fluido.
Cañería de aceite	Conducir el aceite.
Cañería de agua	Conducir el agua.
Depósito de grasa	Mantener reserva de grasa.
Diferencial	Transmitir el par hacia el suelo. Permitir el giro de las ruedas a distintas velocidades.
Empaques	Lograr estanqueidad. Mantener el fluido a altas temperaturas y presiones. Incapacidad de mezcla entre fluidos.
Manguera radiador	Conducir el líquido refrigerante.
Terminal dirección	Transmitir el movimiento desde la caja de dirección. Proveer de suavidad en el movimiento.
Perno guía	Limitar la distancia que recorre el elemento
Pines bocines	Permitir el movimiento a través del vástago.
Pulmón de aire	Flujo de aire comprimido desde y hacia los reservorios. Permite el movimiento de la ratchet de freno.
Ratchet	Restringir el giro del martillo.
Retén hidráulico	Contener fugas. Evitar contaminación del fluido.

Rodamiento	Mantener objetos sin interacción.
	Permitir el libre giro de los objetos.
Válvula de freno	Disminuye la marcha sin control.
Válvula de sistema hidráulico	Direcciona el fluido hidráulico.
	Mantener una presión estable de funcionamiento.
Ventilador	Refrigerar de manera eficiente el motor.
Volante motor	Transmitir el giro proveniente del motor.
	Proveer giro al motor en el arranque.
	Absorber vibraciones producidas en el motor

Tabla 15: Clasificación de funciones operacionales de sistemas de vehículo.

Fuente: Autores.

En adición, la Tabla 15 presenta de manera ordenada todos los sistemas automotrices en donde se clasifican de acuerdo con sus funciones operacionales, los cuales han presentado algún tipo de fallo en el período analizado (2020-2022).

6.2. Fallos Funcionales

“Se define “falla” como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.” (Moubray, 1997, p. 49).

Continuando con el orden de la metodología y considerando los datos proporcionados por el taller automotriz se debe determinar cuáles son los modos de fallo funcionales en los que el activo puede incurrir, mismo que se ilustra en la Figura 16.

Elemento	Fallos Funcionales
Embrague	No se transmite el par a las ruedas
	Las marchas no se conectan.
	El vehículo acelera, pero no su velocidad no aumenta.
Radiador	La temperatura del fluido no disminuye.
	El caudal de salida del fluido disminuye.
Arnés de cables	Interfiere el funcionamiento de unos sobre otros.
	Alimentación incorrecta a los dispositivos.
	Consumo de energía injustificable.
Amortiguador	Oscilación incorrecta ante camino sinuoso.
	Inestabilidad al tomar curvas o frenar.
Cañería hidráulica	Pérdida del fluido a lo largo del trayecto.
Hoja de resorte	Distinta altura desde el suelo en los puntos de apoyo (ruedas).
	Pérdida de confort.
Motor	Pérdida o ineficiencia de conversión de energía.

	Pérdida o deficiencia de arranque.
	Aumento de las emisiones de gases de escape.
Fluido hidráulico	Ineficiencia o ausencia de potencia hidráulica
	Desgaste prematuro de componentes.
Carrocería	No soportan la cargas estáticas y dinámicas.
	Pérdida o deficiencia de la seguridad de los ocupantes.
	Pérdida de confort.
Luces	Iluminación inadecuada o deficiente en uno o varios puntos.
	Visibilidad inadecuada.
Manguera hidráulica	El fluido no se conduce.
	Disminución del flujo.
Alternador	No produce energía eléctrica.
	El voltaje suministrado es inadecuado.
	El acumulador de energía no se encuentra con la carga suficiente.
Caja de cambios	No reduce o mantiene el número de revoluciones del motor.
	No invierte el sentido de giro.
	Dificultad al conectar marchas.
Ecm	No suministra energía a los sensores.
	No controla las entradas de los sensores y actuadores.
	No controla la velocidad y potencia del motor.
Frenos	No frena gradualmente.
	No disminuye la velocidad eficientemente.
	El vehículo no se detiene completamente.
Neumáticos	No soporta el peso del vehículo.
	Ineficiencia en tracción o fuerza de frenado.
	Absorción ineficiente de impactos.
Batería	No suministra energía.
Bomba de combustible	Presión baja en el inyector.
	Suministro inadecuado de combustible.
	Presión fuera de rango en el circuito.
Bomba hidráulica	Baja presión.
	No se transmite movimiento.
	Presión fuera de rango.
Brazo de dirección	Impide la transmisión del movimiento del volante hacia las ruedas.
	El movimiento de la caja de dirección no se transmite hacia la cremallera.
Cañería de aire	No conduce el fluido.
Retén	Fuga de fluido.
	Se intercambian fluidos.
	Interacción entre partes móviles o estacionarias.
Sensores	La magnitud física no corresponde a la magnitud eléctrica.
	Alimentación inadecuada de los circuitos.
Toma fuerza	Potencia inadecuada
	El componente auxiliar no obtiene potencia del motor.
	El vehículo no trabaja en condiciones severas.
Ahogador	Flujo excesivo.
Bomba de agua	Presión inadecuada.
	El movimiento mecánico no se transmite.

	Radio de giro reducido.
Caja de dirección	El vehículo no gira. El giro es incontrolable.
Cañería	El fluido no es conducido.
Cañería de aceite	El aceite no es conducido.
Cañería de agua	El agua no es conducida.
Depósito de grasa	No hay reserva de grasa.
Diferencial	Tracción deficiente. La velocidad en las dos ruedas es inadecuada.
Empaques	No logra estanqueidad. No soporta altas presiones o temperaturas. Los fluidos se intercambian.
Manguera radiador	No hay conducción del líquido refrigerante.
Terminal dirección	Guiar o transmitir el movimiento desde la caja de dirección. Rigidez en el movimiento.
Perno guía	No permite el movimiento a través del vástago.
Pines bocines	La fricción aumenta.
Pulmón de aire	Aire comprimido inestable. Ratchet de freno inmóvil.
Ratchet de freno	Restricción de giro del martillo.
Retén hidráulico	Presencia de fugas. Contaminación del fluido. Interacción entre objetos.
Rodamiento	Fricción en aumento. No existe el libre giro de los objetos.
Válvula de freno	El movimiento disminuye sin control.
Válvula de circuito hidráulico	No avanza o se mantiene el fluido hidráulico. La presión del circuito es incorrecta.
Ventilador	El motor no se refrigera.
Volante motor	El movimiento no se transmite de la energía proveniente del motor de combustión. El motor no arranca al accionar el motor de arranque. No amortigua las vibraciones.

Tabla 16. Descripción de fallos funcionales.

Fuente: Autores.

6.3. Modo de Fallo Funcional

El modo de fallo es un suceso único ocurrido en el sistema automotriz, es decir, cuando un activo es incapaz de realizar la tarea para el que fue diseñado o cumplir con un estándar de exigencia impuesto por el usuario de activo. En este ítem de la metodología RCM se identificamos dos preguntas importantes a desarrollar:

¿Cuáles son las circunstancias que aportan para que el activo entre en modo de fallo?

¿Cuáles son los eventos que puedan originar el estado de fallo?

En atención a las cuestiones fundamentales planteadas de las causas de fallos del activo, se detallan las fallas funcionales prioritarias en la Tabla 17.

Elemento	Modos de fallo / causa
Embrague	Desgaste de disco de embrague.
	Disco o corona de presión en mal estado.
	Reglaje inadecuado de la corona de presión/Disco desgastado.
Radiador	Obstrucción del ducto de circulación.
	Fuga del radiador
Arnés de cables	Presencia de corto circuito.
	Contacto inadecuado.
	Rotura de cable.
Amortiguador	Sellos internos desgastados.
	Presencia de aire en la cámara de accionamiento.
Cañería hidráulica	Cañería destruida.
Hoja de resorte	Rotura.
	Ajuste incorrecto.
	Recalentamiento.
Motor	Componentes del sistema de encendido defectuoso.
	Mezcla estequiométrica no controlada.
	Fuga del fluido hidráulico.
Fluido hidráulico	Cavitación del fluido hidráulico
	Rotura parcial.
Carrocería	Oxidación.
	Elementos desgastados.
	Foco quemado.
Luces	Foco quemado.
	Foco inadecuado.
Manguera hidráulica	Fuga/rotura.
	Obstrucción.
Alternador	No hay giro de rotor/polea.
	Círculo interno defectuoso.
	Regulación inadecuada.
Caja de cambios	Desgaste de sincronizador.
	Rotura de engranaje.
	Piñón faltante/Holgura excesiva.
	Señal de alimentación inexistente.
ECM	Cable intervenido.
	Fallo de sincronización para cálculo de mezcla.
	Excesiva calibración de freno.
Frenos	Pastillas o zapatas desgastadas.
	Freno de estacionamiento defectuoso.
	Fuga de aire.
Neumáticos	Banda de rodadura desgastada.
	Incorrecta presión.
	Sin carga.
Batería	Sin carga.
	Cañería sin ajustar.
Bomba de combustible	Filtro de combustible saturado.
	Válvulas defectuosas.
Bomba hidráulica	Succión obstruida.

	Eje o polea defectuosa.
	Impulsor desgastado.
Brazo de dirección	Juego excesivo.
	Tornillo sin fin desgastado o rotura
Cañería de aire	Rotura o fuga.
	Sello defectuoso.
Retén	Rotura.
	Degradación del material.
Sensores	Posición incorrecta.
	Cortocircuito
Toma fuerza	Piñón desgastado.
	Engranaje roto.
	Pérdida de fluido.
Ahogador	Calibración inadecuada.
Bomba de agua	Rotura de junta.
	Banda de la bomba de agua agrietada y suelta
	Válvula de flujo defectuosa.
Caja de dirección	Fatiga de elementos de bomba de dirección.
	Barra de torsión deformada
Cañería	Rotura.
Cañería de aceite	Corrosión.
Cañería de agua	Corrosión.
Depósito de grasa	Corrosión.
Diferencial	Lubricación inadecuada o deficiente.
	Interacción incorrecta de los elementos mecánicos.
Empaques	Rotura.
	Material inadecuado.
	Rotura.
Manguera radiador	Rotura.
Terminal dirección	Rotura.
	Endurecimiento.
Perno guía	Fatiga de material.
Pines bocines	Desgaste.
Pulmón de aire	Ductos obstruidos.
	Fatiga de perno-pistón inmóvil
Ratchet de freno	Roturo parcial.
Retén hidráulico	Rotura.
	Rotura.
	Degradación de material.
Rodamiento	Desalineación.
	Rotura.
Válvula de freno	Válvula sin funcionamiento.
Válvula s. Hidráulico	Detección de válvula.
	Incorrecto montaje.
Ventilador	Rotura-Cortocircuito
Volante motor	Fatiga de pernos de sujeción.
	Corona dentada defectuosa.
	Desgaste excesivo de muelles.

Tabla 17. Modos de fallo automotriz.

Fuente: Autores.

6.4. Efectos fallo funcional

En el análisis de la falla funcional se considera todo impacto en la flota, sistemas y el entorno, ocurrido a corto y mediano plazo, una vez ya ocurrido el fallo, en la Tabla 18 se especifica y detalla los elementos prioritarios para el desarrollo de este apartado.

Se conoce que la flota vehicular de la empresa Lácteos San Antonio se encarga de transportar leche y sus derivados, si alguno de los automotores llegara a fallar un efecto fundamental estaría marcada por la falta de servicio a la población, el automotor estaría presentando un fallo de tipo mecánico o eléctrico de un elemento automotriz.

Elemento	Efectos de falla
Embrague	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
	Aumento de consumo de combustible y pérdida de confort.
Radiador	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
Arnés de cables	Riesgo de incendio.
	No se puede transportar el producto.
	Daño de componentes, no se puede transportar el producto.
Amortiguador	Pérdida de confort y daño corporal.
	Pérdida de pista, volcamiento
Cañería hidráulica	Pérdida constante de fluido.
Hoja de resorte	Pérdida de pista, volcamiento. No se puede transportar el producto.
	Pérdida de confort y daño corporal, no se puede transportar el producto.
Motor	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
	Mala calidad del aire.
Fluido hidráulico	Pérdida constante de fluido.
	Reparación del sistema.
Carrocería	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
Luces	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
Manguera hidráulica	Pérdida constante de fluido hidráulico
	Riesgo de accidente laboral.

Alternador	No se puede transportar el producto.
	Reparación del sistema.
	Reparación del sistema.
Caja de cambios	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
	Reparación-Pérdida de confort.
ECM	Reparación del sistema.
	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
Frenos	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
Neumáticos	Ineficiencia de operación.
	Riesgo de accidente de tránsito.
	Pérdida de confort y daño corporal.
Batería	No se puede transportar el producto.
Bomba de combustible	Reparación del sistema.
	No se puede transportar el producto.
	Reparación del sistema.
Bomba hidráulica	Reparación del sistema.
	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
Brazo de dirección	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
Cañería de aire	Reparación del sistema.
Retén	Reparación del sistema.
	Reparación del sistema por mala selección del material
	Reparación del sistema.
Sensores	No se puede transportar el producto.
	Riesgo de incendio.
Toma fuerza	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
	Pérdida constante del líquido hidráulico.
Ahogador	Deficiente calidad del aire.
Bomba de agua	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
Caja de dirección	Riesgo de accidente de tránsito, no se puede transportar el producto.
	Riesgo de accidente de tránsito, no se puede transportar el producto.
	Riesgo de accidente de tránsito, no se puede transportar el producto.
Cañería	Reemplazo, Pérdida de fluido.
Cañería de aceite	Reparación.
Cañería de agua	Reparación de sistema, recalentamiento del motor.

Depósito de grasa	Reparación del sistema.
Diferencial	Servicio deficiente.
	Riesgo de accidente de tránsito, ineficiencia operativa.
Empaques	Reparación del sistema.
	Ineficiencia de operación.
Manguera	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
Terminal de dirección	Riesgo de accidente de tránsito.
	Riesgo de accidente de tránsito.
Perno guía	Reparación del sistema.
Pines bocines	Reparación del sistema.
Pulmón de aire	Reparación del sistema.
	Reparación del sistema, no se puede transportar el producto.
Ratchet de freno	Riesgo de accidente laboral.
Retén hidráulico	Pérdida constante de fluido.
	Reparación del sistema.
	Reparación del sistema.
Rodamiento	Reparación del sistema.
	Reparación del sistema.
Válvula de freno	Reparación del sistema.
Válvula de circuito hidráulico	Reparación del sistema.
Ventilador	Recalentamiento del motor, no se puede transportar el producto.
	Recalentamiento del motor, falta de servicio eficiente y oportuno para la ciudadanía
Volante motor	No se puede transportar el producto.
	No se puede transportar el producto.
	Daño de componentes, pérdida de confort.

Tabla 18. Efectos de falla del vehículo.

Fuente: Autores.

6.5. Consecuencias de las Fallas

Esta pregunta aborda las consecuencias de las fallas en los sistemas, en la flota y en el entorno, de igual forma se puede distinguir la falla. Para identificar las consecuencias de la falla se organizó toda la información necesaria para respaldar la valoración de los efectos de las fallas.

Los vehículos que se encuentran inoperativos por consecuencia de fallas ocasionan pérdidas de la producción de la empresa, reparación de motor por mala conducción,

reparaciones de pintura en la carrocería, excesiva contaminación en el ambiente e inclusive se puede llegar hasta la muerte del conductor.

Dentro de este orden de ideas y con el propósito de identificar las fallas de los sistemas automotrices de manera organizada, sistemática y técnica, en este paso se aplica la metodología de la hoja técnica NTP:679 análisis modal de fallos y efectos. AMFE.

6.6. Actividades Proactivas

Una vez analizadas y determinadas las consecuencias en las fallas en los elementos priorizadas de los vehículos pertenecientes a la flota de Lácteos San Antonio C.A, se genera la pregunta ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla?

En esta fase del mantenimiento basado en la confiabilidad se concretará las acciones y recursos necesarios para cada elemento, sistema o vehículo.

Estas acciones deben ajustarse a los fallos de los sistemas automotrices ya permitirán administrar de manera eficiente los procesos a establecer para la mitigación del mal funcionamiento de los elementos priorizados, por lo tanto se considera que las tareas proactivas proporcionan un criterio técnico a ser ejecutado en el elemento priorizado antes de que entre en modo de fallo, pero también se pueden llegar suscitar averías en los sistema automotrices que están fuera del rango de acción de las tareas proactivas, es por eso que en esta situación de fallo se debe intervenir en el momento de ocurrencia del desperfecto mecánico, por lo tanto el objetivo del presente proyecto no es describir tareas proactivas para todos los sistemas automotrices que conforman el vehículo ya que esto implicaría generar un plan de mantenimiento preventivo, finalidad que no forma parte fundamental de nuestro estudio.

En consecuencia, el estudio se enfoca en fallos críticos que producen problemas a varios niveles en la empresa de Lácteos San Antonio C. A, en este sentido las proactivas y otros procesos enfocados en solucionar la presente problemática se establece un análisis de criticidad

de elementos automotrices comprendidos en el periodo comprendido 2020-2022 que se encuentran en estado grave o de inmediata intervención.

Estas acciones deben ajustarse a los fallos de los sistemas automotrices ya permitirán administrar de manera eficiente los procesos a establecer para la mitigación del mal funcionamiento de los elementos priorizados, por lo tanto se considera que las tareas proactivas proporcionan un criterio técnico a ser ejecutado en el elemento priorizado antes de que entre en modo de fallo, pero también se pueden llegar suscitar averías en los sistema automotrices que están fuera del rango de acción de las tareas proactivas, es por eso que en esta situación de fallo se debe intervenir en el momento de ocurrencia del desperfecto mecánico, por lo tanto el objetivo del presente proyecto no es describir tareas proactivas para todos los sistemas automotrices que conforman el vehículo ya que esto implicaría generar un plan de mantenimiento preventivo, finalidad que no forma parte fundamental de nuestro estudio.

En consecuencia, se debe enfocar en fallos críticos que producen problemas a varios níveles en la empresa de Lácteos San Antonio S.A, en este sentido las tareas proactivas y otros procesos enfocados en solucionar la presente problemática se establece un análisis de criticidad de elementos automotrices comprendidos en el periodo de 2020-2022 que se encuentran en estado grave o de inmediata intervención.

6.7. Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieren ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se encuentran en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta o personal.

Para el análisis de criticidad de los activos se utiliza la metodología del Análisis Modal de Fallos y efectos (AMFE) la cual sirve como una potente herramienta para identificar y

priorizar los fallos de los elementos automotrices, para ello se utiliza la formula descrita en la ecuación 1, en donde se indica que la sumatoria de evaluar la Detección, Gravedad, Costos y Frecuencia como resultado permite obtener el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).

(1)

$$(D + G + I) * F = IPR$$

Donde:

D: Dificultad de detectar el fallo en el equipo.

G: Mide la gravedad de modo de fallo potencial para el cliente.

I: Costo de reparación del equipo.

F: Probabilidad de ocurrencia de fallo del equipo.

Eventualmente se realiza la resolución de la fórmula matemática la cual permite obtener el Índice de Probabilidad de Riesgo de cada elemento automotriz a intervenir.

De acuerdo con la metodología AMFE cuando el elemento a intervenir tiene un índice menor a 100 este no se debe intervenir. El valor indicado se lo establece considerando la dificultad de detectar el fallo en el equipo, la gravedad de modo de fallo potencial para el cliente, costo de reparación del equipo y la probabilidad de ocurrencia de fallo del equipo.

A continuación, en la Tabla 19 se ilustra en los criterios de criticidad de los elementos que se establecido como críticos para la empresa de Lácteos San Antonio S.A, esta llego a esta conclusión debido a que su Índice de Probabilidad de Riesgo (IPR) tiene un valor mayor a 100.

Elemento	Costos	Fallos	Consecuencia de Fallo				IPR
			D	G	I	F	
Frenos	1854,29	130	2	10	9	9	189
Motor	1535,72	1	2	10	8	1	20

Carrocería	1435,44	84	3	10	8	8	168
Caja de cambios	681,49	21	2	9	8	6	114
Pines bocines	496,80	1	3	8	7	2	36
Luces	408,82	12	2	8	3	6	78
Brazo de dirección	378,72	2	2	6	4	1	12
Ratchet de freno	358,92	3	2	8	4	2	28
Radiador	341,07	1	3	8	4	2	30
Amortiguador	295,35	7	6	5	3	3	42
Ventilador	286,17	7	7	8	4	4	76
Bomba hidráulica	260,71	3	2	9	3	2	28
Bomba de agua	241,07	1	1	9	3	2	26
Fluido hidráulico	213,39	1	9	6	3	2	36
Terminal de dirección	187,66	21	2	8	3	8	104
Pulmón de aire	185,94	2	2	8	2	2	24
Embrague	184,22	3	2	9	2	2	26
Bomba de combustible	164,29	1	2	9	2	1	13
Caja de dirección	120,00	9	2	10	2	1	14
Diferencial	110,00	4	2	10	1	1	13
Retén	105,36	1	8	5	2	1	15
Perno guía	93,47	1	3	7	2	1	12
Alternador	90,18	1	2	9	2	1	13
Neumáticos	86,79	4	3	8	2	1	13
Hojas de resorte	79,43	13	4	9	4	6	102
Ahogador	73,04	1	2	7	2	1	11
Rodamiento	66,96	2	4	7	3	1	14
Batería	36,25	3	2	8	2	1	12
Cañería hidráulica	31,25	2	2	5	1	1	8
Empaques	30,00	1	8	6	1	1	15
Válvula de circuito hidráulico	25,00	1	8	7	1	1	16
Cañería de aire	13,38	2	2	9	1	1	12
Sensores	8,93	1	3	8	1	1	12

Tabla 19: Cálculo de I.P.R de elementos priorizados a intervenir.

Fuente: Autores.

A partir del análisis de la Tabla 19, se establece atención prioritaria con los sistemas que tienen un I.P.R. elevado, los cuales se identificaron y cuantificaron de la siguiente forma: frenos (189), carrocería (168), caja de cambios (114), terminal de la dirección (104) y hojas de resorte (102). En la tabla 20, se presenta las actividades proactivas que ayudarán a mitigar los riesgos asociados a los activos.

Ítems	Código	Sistema Automotriz	Elemento crítico	Actividades de Mantenimiento
1	FR-RE-AB	Sistema de frenos	Frenos	Verificar el desgaste de las lonas de freno de ser necesario realice el cambio.
				Inspeccionar la estanqueidad y estado de los depósitos y componentes neumáticos.
				Lubricación de Pines de los principales arboles de accionamiento de las zapatas de freno delantero y trasero.
				Comprobar buen funcionamiento del pedal de freno.
2	BA-LU-01	Carrocería	Carrocería	Inspección visual detallada en busca de fisuras, trizaduras o piezas sueltas
				Lubricación: engrasado de juntas, bujes y pasadores de la carrocería
				Verificar amortiguadores de la suspensión delantera y trasera, guarda polvos y campanas.
3	TR-LU-CA	Sistema de transmisión	Caja de cambio	Inspeccionar la estanqueidad de la caja en busca de fugas.
				Verificar holgura y desgaste de las crucetas, del guante deslizante y rodamiento interno del árbol de transmisión.
4	DI-CA-TE	Sistema de dirección	Terminal de la dirección	Comprobar el nivel de aceite de la dirección hidráulica
				Cambio de aceite dirección hidráulica
				Verificar la holgura del selector, el estado y la holgura del mecanismo y los terminales del sistema de dirección
				Inspección de curvatura de hoja de resorte
5	SU-AM-05	Sistema de Suspensión	Hojas de resorte	Verificar la fijación de los amortiguadores de las suspensiones de los ejes delantero y trasero.
				Verificar estado de los soportes de la suspensión delantera y trasera

Tabla 20: Elementos automotrices críticos resultado del análisis de la metodología I.P.R.

Fuente: Autores.

A partir del análisis y resultados del capítulo III, se ve la necesidad de implementar un sistema informático asistido por ordenador (GMAO), mismo que servirá como herramienta para mitigar y eliminar en primera instancia los modos de fallo priorizados a través de un plan de mantenimiento que también ayudará con el orden, clasificación y estandarización del

mantenimiento preventivo y correctivo de la flota vehicular Lácteos San Antonio C.A, la cual se desarrolla y explica a profundidad en el capítulo IV.

7. CAPITULO IV: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO)

La gestión de información es imprescindible para tomar decisiones sobre los activos, ya que permite organizar las actividades y recursos (económicos, personal y maquinaria) eficientemente, logrando mayor disponibilidad que se traduce en aumento de productividad de la cadena de producción. (Sánchez & Tello, 2021)

7.1. Características básicas de GMAO



Figura 8. Características básicas de GMAO.

Fuente:(Macián et al., 2010)

Los módulos esquematizados en la Figura 8, comparten información que permiten para lograr eficientemente una gestión de activos. El modelo de GMAO, en lo ideal tiene que ser adaptado a medida de la empresa, es decir, su capacidad económica para inversión, el alcance

del departamento de mantenimiento y el tamaño de la flota, corresponden a los factores claves para lograr objetivos en la organización.

7.2. Etapas de la introducción de implementación de GMAO

La gráfica a continuación (Figura 9), ilustra el proceso para implementar un GMAO, mismo que debe seguirse en cada empresa, ajustándose a sus necesidades.

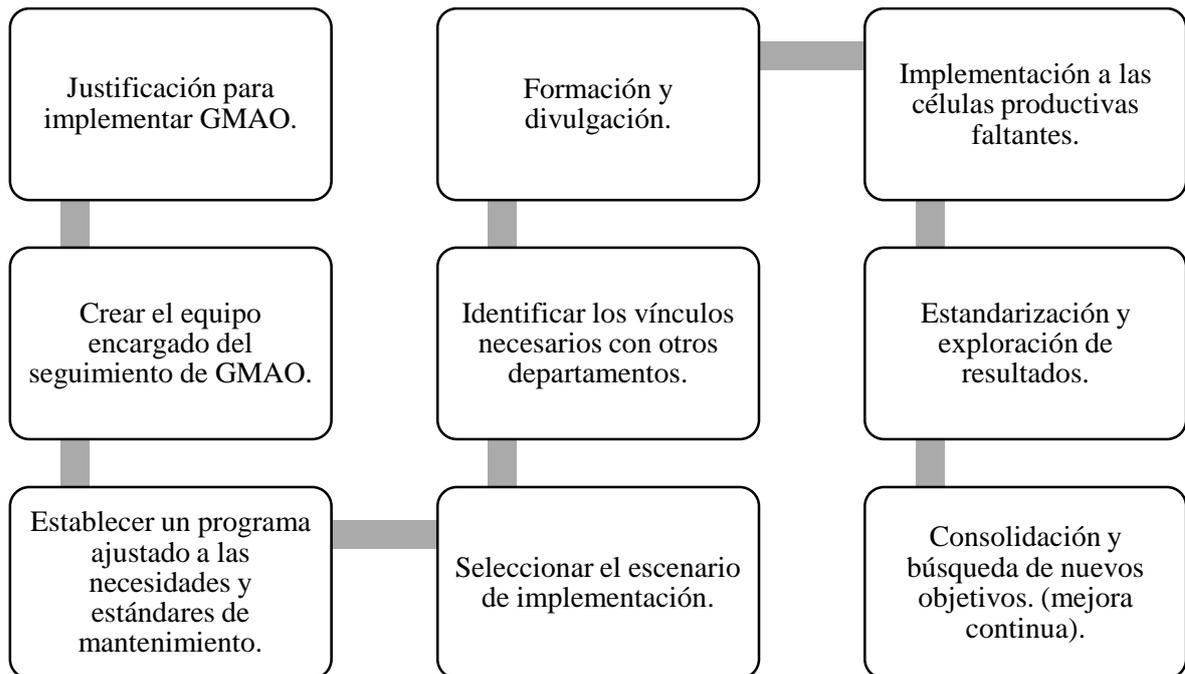


Figura 9. Proceso de implementación de GMAO.

Fuente: (Cuatrecasas & Torrell, 2010)

7.2.1. Justificación para implementar GMAO

Como planteamiento base al momento de implementar un sistema GMAO, se requiere tomar en cuenta un análisis de los objetivos y beneficios alineados con las necesidades de Lácteos San Antonio C.A.

7.2.2. Crear el equipo encargado de seguimiento de GMAO

El equipo de trabajo debe ser liderado por los directivos de mantenimiento, quienes deben disponer del recurso humano necesario para tomar decisiones referentes a la flota vehicular.

También se requiere que el equipo tenga participantes de otros departamentos, los cuales ayuden a obtener más información o adquirir agilidad en los procesos.

7.2.3. Establecer un programa ajustado a las necesidades.

Es importante destacar los recursos que la empresa dispone para la gestión de mantenimiento, tales como técnica, recurso humano, estándares de calidad, presupuestos, etc., los cuales permiten que la empresa obtenga cierta reputación ante los consumidores. Es por ello por lo que un sistema GMAO no puede prever herramientas más allá de lo que la empresa posee, puede incurrir en un gasto innecesario si no se contempla un plan de capacitación y auditoría continua.

7.2.4. Seleccionar el escenario de implementación.

Se relaciona directamente con los departamentos involucrados en la mejora continua de mantenimiento, indistintamente si el activo es un vehículo, maquinaria, infraestructura, etc. Esencialmente, se debe partir de un análisis crítico que requiere más atención.

7.2.5. Identificar los vínculos necesarios con otros departamentos.

Esta etapa describe los lineamientos y el plan de operación en referencia a la gestión de información. Una comunicación efectiva entre los departamentos y la asignación objetiva de roles permiten sinergia y, por ende, la reducción de costes y paradas imprevistas.

7.2.6. Formulación y divulgación.

Es importante recopilar opiniones y sugerencias con el fin de ser más asertivos en la estandarización. También, se debe contemplar las capacitaciones para lograr una participación efectiva.

7.2.7. Implementación a las células productivas faltantes.

Una vez lograda la interacción entre procesos, es importante que toda la organización tenga acceso a ciertos módulos, los cuales permitan que los colaboradores trabajen eficientemente.

7.2.8. Estandarización y exploración de resultados.

La empresa debe tener muy claro la filosofía de GMAO, para ello, es importante realizar una evaluación que permita reforzar los objetivos.

7.2.9. Consolidación y búsqueda de nuevos objetivos. (mejora continua).

Finalmente, los objetivos son consolidados con mira hacia la mejora continua, GMAO formará parte no sólo de la gestión de activos, si no por ende del recurso económico y logístico.

7.3. Errores al implementar el GMAO.

Como en todo proceso de implementación, es muy importante que este se vea lo menos afectado por errores, la mayoría de estos surgen debido a no mantener la atención de los procesos enfocado a los objetivos. (García, S. 2009) Entre los errores más comunes, se pueden encontrar:

7.3.1. Coste elevado

Es muy importante tomar en cuenta el estado económico de la empresa, elementos claves como los presupuestos o cálculo de costes de implementación influyen directamente en el éxito de la implementación.

7.3.2. Aumento de personal indirecto

En la planificación de implementación es imprescindible contar con un plan de capacitación y estandarización, evitando así la contratación innecesaria de personal. Sin embargo, un tercero podría estar involucrado en el desarrollo del software para solventar inconvenientes o realizar mejoras.

7.3.3. Ingreso de datos innecesarios

Sin un análisis previo de la información a ser gestionada, no se puede obtener una base de datos confiable que pueda satisfacer las necesidades de las actividades diarias.

7.3.4. Información poco fiable

Este error surge al momento de no capacitar al personal con la herramienta, ya que los mismos podría ingresar información poco fiable y así poner en peligro a todo el programa.

7.4. Criterios para seleccionar un software GMAO

Entre las opciones más comunes para emplear software de gestión de mantenimiento se puede contemplar las siguientes:

7.4.1. Por adquisición de paquete comercial

El mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), bajo la adquisición de un paquete ofrecido por desarrolladores se puede considerar en los siguientes aspectos:

- La empresa requiere dar el salto desde la gestión básica de mantenimiento hacia una más sofisticada.
- Los activos por gestionar no son muchos.

La gráfica a continuación (Figura 10), ilustra aspectos primordiales a considerar para adquirir un paquete ofrecido por desarrolladores:

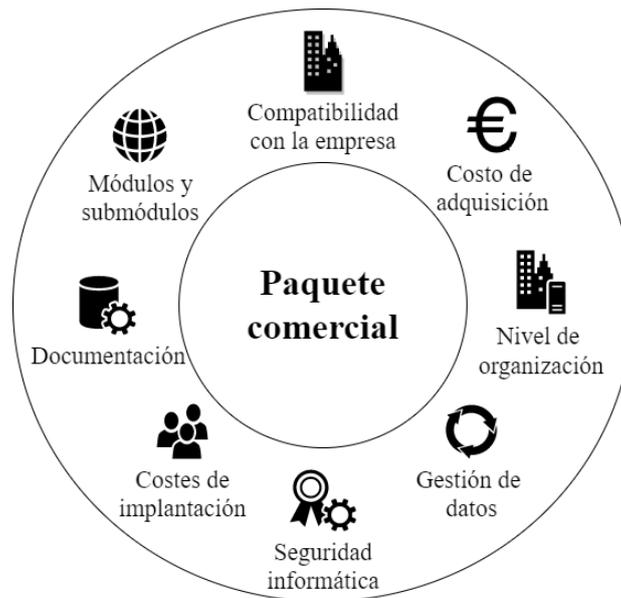


Figura 10. Aspectos que considerar bajo adquisición de un paquete comercial.

Fuente: (Milano, 2010)

7.4.2. Por elaboración propia

La elaboración del software de gestión a medida facilita lograr los objetivos planteados, sin embargo, en la Figura 11 se describen ciertos factores principales que determinan su desarrollo.

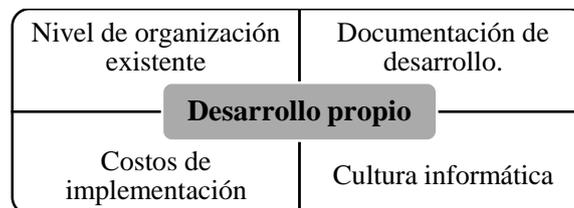


Figura 11. Criterios para tener en cuenta en la elaboración del software propio.

Fuente:(Milano, 2010)

7.5. Diagrama de funcionamiento

Es una herramienta muy versátil para esquematizar procesos, para el presente proyecto se detalla el funcionamiento de los módulos contemplados en GMAO. Están conformados por procesos lógicos, agentes externos lógicos y almacenes de datos lógicos, la Tabla 21 detalla la simbología estándar para los diagramas de flujo.

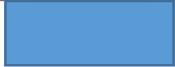
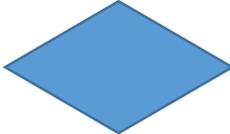
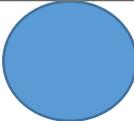
Simbología para diagramas de flujo	
Inicio/Fin	
Procesos	
Entrada/Salida de datos	
Decisión	
Conector	
Base de datos	
Conector de página	
Líneas de flujo	
Display-Mostrar datos	
Enviar datos a impresora	

Tabla 21. Simbología estándar para diagramas de flujo.

Fuente: (González, 2005)

7.6. Herramienta informática de gestión de mantenimiento

Una vez expuesta la parte teórica, se propone el diseño de una herramienta informática (GMAO), en este sentido se elige el lenguaje de programación adecuado y se procede con la programación del interfaz, módulos, diagramas y funcionamiento de cada uno de ellos.

7.6.1. Interfaz general de programa GMAO

El desarrollo de la interfaz implica la consolidación de una base de datos organizada que será el punto de partida para el diseño de la interfaz del GMAO, por lo tanto se elige el entorno virtual Visual Basic, de esta forma la interfaz general queda conformada por cinco módulos y sus sub módulos, los cuales tienen la función de almacenar la información en hojas

de cálculo, mismas que están programas de manera dinámica e interrelacionada, las cuales aseguran el funcionamiento de la herramienta informática de mantenimiento, la Figura 12 muestra el diseño gráfico de la interfaz de mantenimiento vehicular para Lácteos San Antonio C.A.



Figura 12. Interfaz de mantenimiento vehicular de Lácteos San Antonio C.A.

Fuente: Autores.

A continuación, la Figura 13 esquematiza la interfaz del programa GMAO en donde se observa el mapa de los módulos enlazados para facilitar el uso del personal automotriz.

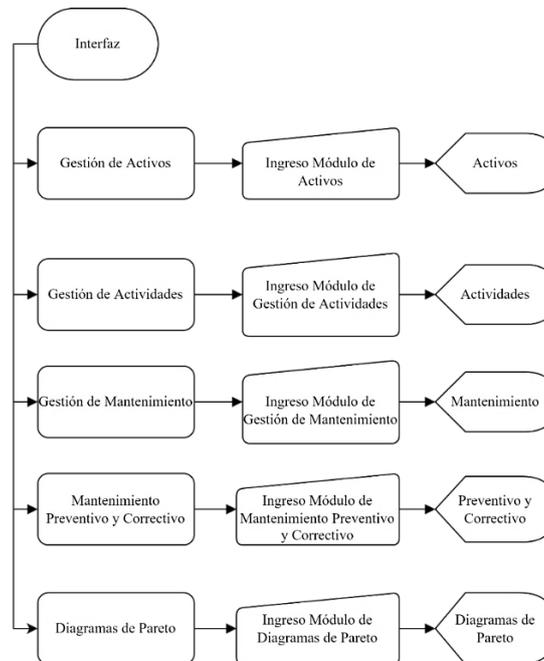


Figura 13. Diagrama de flujo de Interfaz de programa de gestión de mantenimiento GMAO.

Fuente: Autores.

7.6.2. Módulo de Gestión de Activos

Se analiza y considera para el diseño este módulo integrar toda la información referente al vehículo, código único, placa, denominación del objeto técnico, marca, categoría, modelo, año de fabricación, cilindraje, Chasis y responsable. La Figura 14, ilustra los detalles citados anteriormente.

Lista de Activos							
SA01	10001249	ADO0691	CAMION HINO	HINO	PESADO	FB4JGTA	21
SA03	10000175	AFN0553	CAMION 19 1	MERCEDES	PESADO	ACTROS 265	21
SA04	10001286	TDQ0909	CAMION HINO	HINO	PESADO	GH1JMUA	21
SA05	10000167	ABB1228	CAMION 10 5	HINO	PESADO	GD1JLUA	21
SA06	10000171	ABB1460	CAMION 15 1	HINO	PESADO	FC4JJUA	21
SA07	10001247	UCA0670	CAMION GH	HINO	PESADO	GH1JMUA	21
SA08	10000173	ABB4835	CAMION 17 1	CHEVROLET	PESADO	NKR II 2,7P	21
SA09	10001032	ABB7740	CAMIONETA	CHEVROLET	LIVIANO	LUV D-MAX	21
SA10	10000174	PBR4942	CAMION 18 1	HINO	PESADO	XZU423L-HK	21
SA11	10000181	UCA0840	CAMION HINO	HINO	PESADO	XZU413L-HK	21

Figura 14. Ventana de módulo de activos.

Fuente: Autores.

Esta ventana informática muestra una tabla que representa una base de datos, pues a través del código único asignado a cada automotor facilita la búsqueda y edición del activo, facilitando las labores de mantenimiento automotriz.

En la Figura 15 se indica el diagrama de flujo que la herramienta informática sigue para la entrega e ingreso de información.

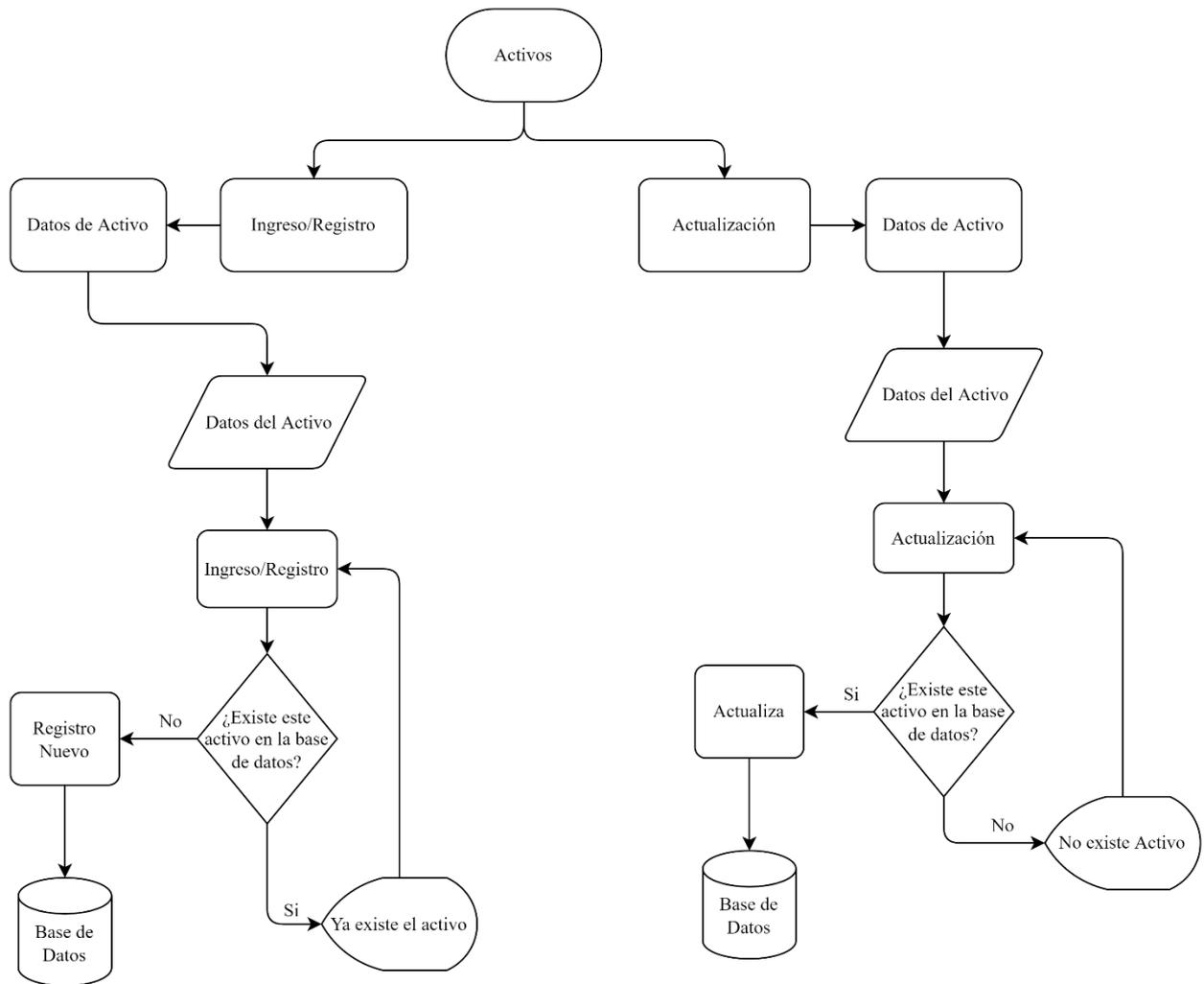


Figura 15. Diagrama de flujo de gestión de activos.

Fuente: Autores.

7.6.3. Módulo de gestión de actividades

Generar codificación de forma sistemática es el punto de partida para la gestión del mantenimiento de la flota vehicular, ya que permite identificar la actividad o repuesto, el tipo de mantenimiento al que corresponde, el sistema y subsistema al que pertenece el vehículo y la unidad de medida en la que es cuantificada. La Figura 16, ejemplifica la ventana de ingreso de datos y la Figura 17 presenta el diagrama de flujo para el módulo en mención.

Actividades

MÓDULO DE ACTIVIDADES


Valoramos lo bueno

Código	Actividad/ Repuestos	Clasificación	Tipo	Sistema	Subsistema	Medida
Lista de Actividades						
CÓDIGO	ACTIVIDAD/ REPUESTO	CLASIFICACIÓN	TIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	MEDIDA
BA-CA-LA	LAVADO DE VEHÍCULO	ACTIVIDAD	PREVENTIVO	BASTIDOR	CARROCERÍA	MANO DE OBRA
BA-HA-AM	AMORTIGUADOR DE CAB	REPUESTO	CORRECTIVO	BASTIDOR	HABITÁCULO	UNIDAD
BA-HA-FI	FILTRO DE CABINA	REPUESTO	PREVENTIVO	BASTIDOR	HABITÁCULO	UNIDAD
BA-HA-TA	TAPIZADO	REPUESTO	CORRECTIVO	BASTIDOR	HABITÁCULO	UNIDAD
BA-LU-01	01 GRASA GRAFITADA	REPUESTO	PREVENTIVO	BASTIDOR	LUBRICACIÓN	LIBRA
BA-LU-GR	GRASERO	REPUESTO	CORRECTIVO	BASTIDOR	LUBRICACIÓN	UNIDAD
DI-BO-BO	BOMBA DE DIRECCIÓN	ACTIVIDAD	CORRECTIVO	DIRECCIÓN	BOMBA DE DIRECCIÓN	UNIDAD
DI-BO-CA	CAMBIO DE BOMBA DE DI	ACTIVIDAD	CORRECTIVO	DIRECCIÓN	BOMBA DE DIRECCIÓN	MANO DE OBRA
DI-BO-IN	INSPECCIÓN DE BOMBA D	ACTIVIDAD	CORRECTIVO	DIRECCIÓN	BOMBA DE DIRECCIÓN	MANO DE OBRA
DI-BO-RE	REVISIÓN DE SISTEMA DE	ACTIVIDAD	PREVENTIVO	DIRECCIÓN	BOMBA DE DIRECCIÓN	MANO DE OBRA
DI-CA-BA	BARRA DE DIRECCIÓN	REPUESTO	CORRECTIVO	DIRECCIÓN	CAJA DE DIRECCIÓN	UNIDAD
DI-CA-CA	CAMBIO DE BARRAS DE D	ACTIVIDAD	CORRECTIVO	DIRECCIÓN	CAJA DE DIRECCIÓN	MANO DE OBRA

Limpiar Borrar Act. Guardar

Figura 16. Módulo de gestión de actividades de la flota vehicular.

Fuente: Autores.

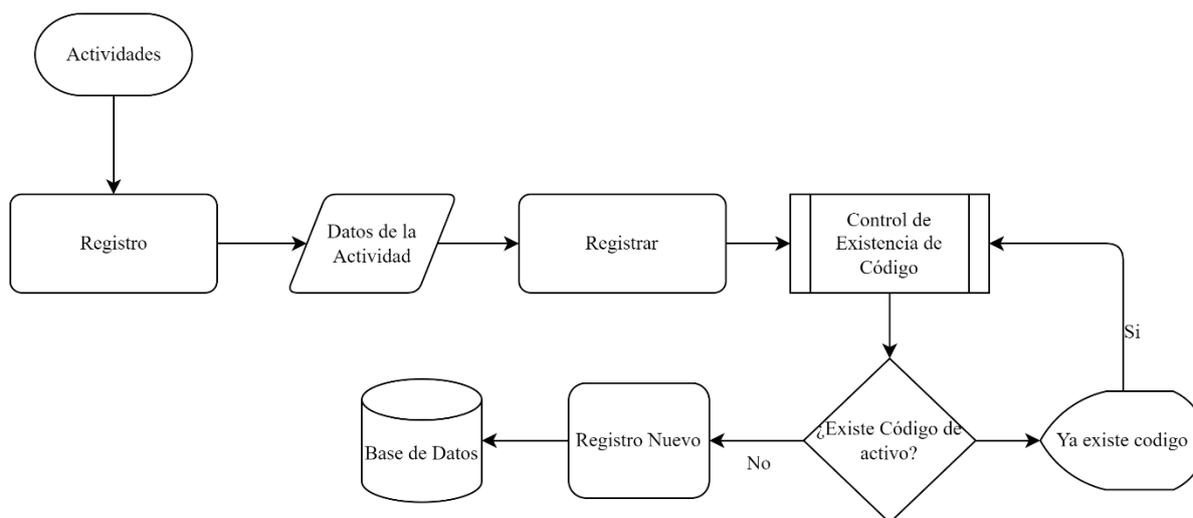


Figura 17. Diagrama de flujo de gestión de actividades.

Fuente: Autores.

7.6.4. Módulo de gestión de mantenimiento (órdenes de trabajo)

Esta sección está diseñada para la gestión de las averías a través de órdenes de trabajo, la cual recopila la información del activo, fecha de inicio y cierre de orden, personal solicitante, la prioridad y, por último, el kilometraje. Por último, en la parte inferior, una tabla muestra de

forma horizontal los ítems antes presentados, la Figura 18 expresa gráficamente la distribución para registro de datos.

Orden de Trabajo

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

nutri
Valoramos lo bueno

Código Odt: Estado Orden:

Información del Activo

Código: Activo:
Placa:

Información de Trabajo Inicial

Fecha inicio: Solicitante: Prioridad:
Kilometraje: Km

Órdenes de Trabajo

Estado: Activos:

Código Odt	Estado Orden	Prioridad	Fecha inicio	Solicitante	Activos	Costo
2512512	EN CURSO	NORMAL	6/27/2022	BARROS C.	SA01	ADO0691

Figura 18. Módulo de gestión de mantenimiento (órdenes de trabajo).

Fuente: Autores.

Al ingresar en la orden de trabajo, se despliega la ventana de actividades involucradas en la orden referida, el registro de las actividades o respuestas empleados se realiza ubicando el código, el taller y el costo del ítem. A continuación, la Figura 19 ilustra la ventana de actividades para las órdenes de trabajo con cada uno de los campos antes mencionados.

La Figura 20, esquematiza el funcionamiento a través de un diagrama de flujo.

Orden de Trabajo Final

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO


Valoramos lo bueno

Información Inicial

Código Odt:	Prioridad:	Fecha:	Responsable:	Activo:	Placa:	Kilometraje:
2512512	NORMAL	6/27/2022	BARROS C.	SA01	ADO0691	1230058

2512512	CERRADO	PREVENTIVO	NORMAL	18/06/2022	6/27/2022	adsasd	SA01	ADC
---------	---------	------------	--------	------------	-----------	--------	------	-----

Actividad: BA-HA-FI

Información Final

Actividad: FILTRO DE CABINA

Cantidad: 1 UNIDAD

Respuesta por: TALLER A 6/27/2022

Costo: 25

REGISTRAR

Cerrar ODT

Figura 19. Ventana de actividades de orden de trabajo.

Fuente: Autores.

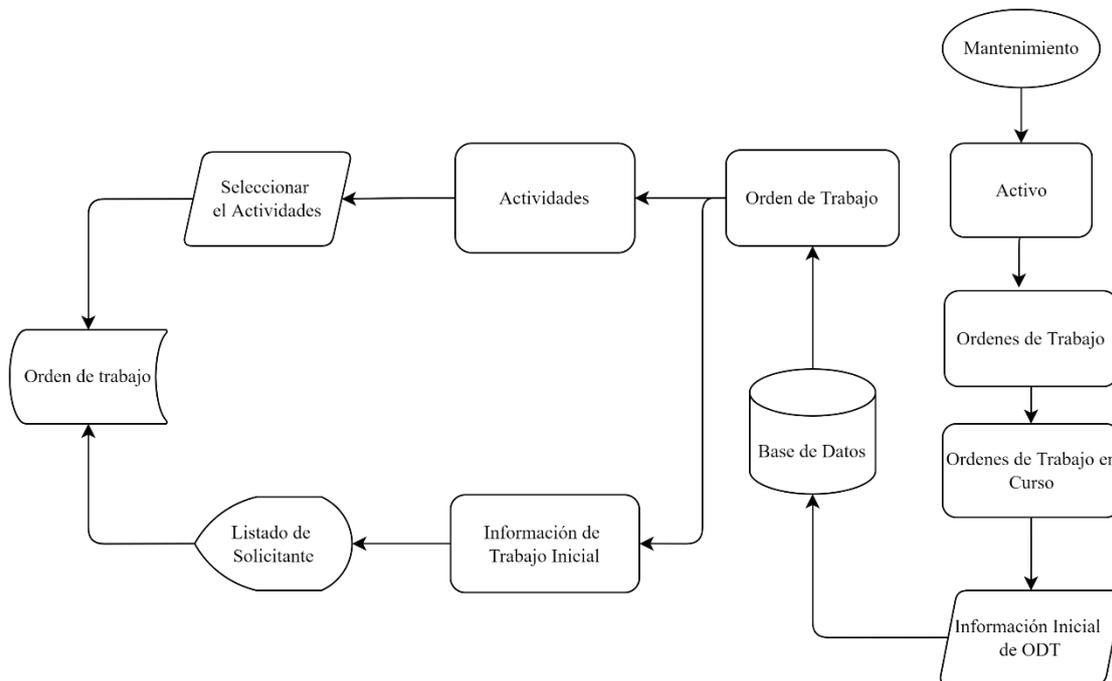


Figura 20: Diagrama de flujo de gestión de Mantenimiento.

Fuente: Autores.

7.6.5. Módulo de gestión de mantenimiento preventivo

En este apartado, las actividades proactivas tienen importancia, es decir, son modificadas y añadidas en el plan de mantenimiento. Este módulo permite realizar el registro de kilometraje según el usuario requiera, una vez alcanzado el kilometraje según la planificación de los elementos priorizados en base a la metodología IPR y análisis de Criticidad (pág. 61), la Figura 2121 mostrará alertas de actividades preventivas y correctivas que se deben realizar. Cabe destacar que las alertas de actividades aparecerán 500 kilómetros antes de lo planificado, con el fin de realizar ajustes en el trayecto del vehículo y que pueda llegar oportunamente al taller. Además, cada actividad se ha establecido un rendimiento, siendo cero cuando la orden de trabajo registra la actividad y obtiene el valor máximo cuando el condicional de la actividad se activa, es decir, se aproxima.

ACTIVO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	KM	RENDIMIENTO	PLAN
--------	-----------	-------------	----	-------------	------

Figura 2121. Módulo de gestión de mantenimiento preventivo y registro de kilometrajes.

Fuente: Autores.

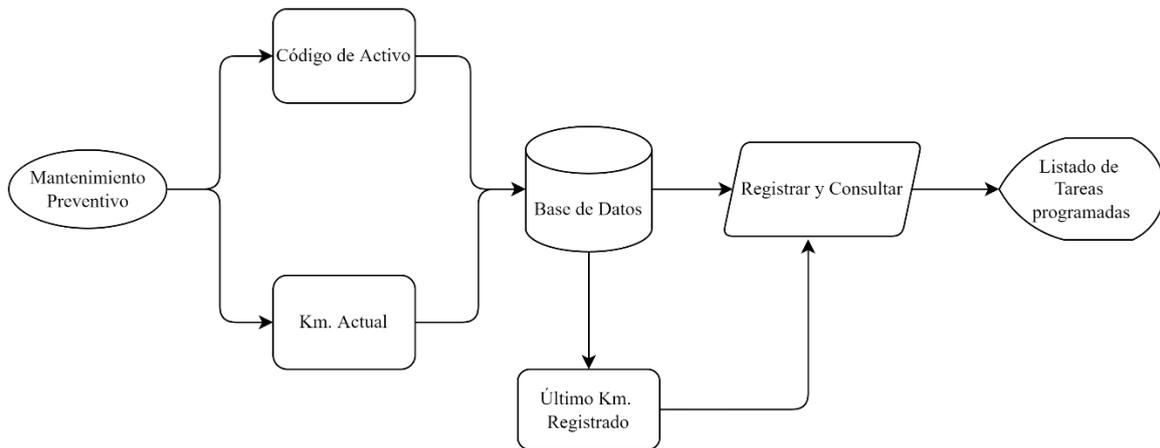


Figura 22: Diagrama de flujo de gestión de Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Autores.

7.6.6. Módulo de gráficas de rendimiento (Pareto)

La teoría de Pareto combinada con el ambiente de virtual de Visual Basic proporciona gráficas relevantes para la toma de decisiones, la Figura 2323 ilustra el ejemplo de la gráfica de Pareto para los vehículos en base al número de fallos, permitiendo establecer un foco de atención sobre los activos prioritarios. Cabe mencionar, que las gráficas pueden ser visualizadas en base al período requerido por el usuario.

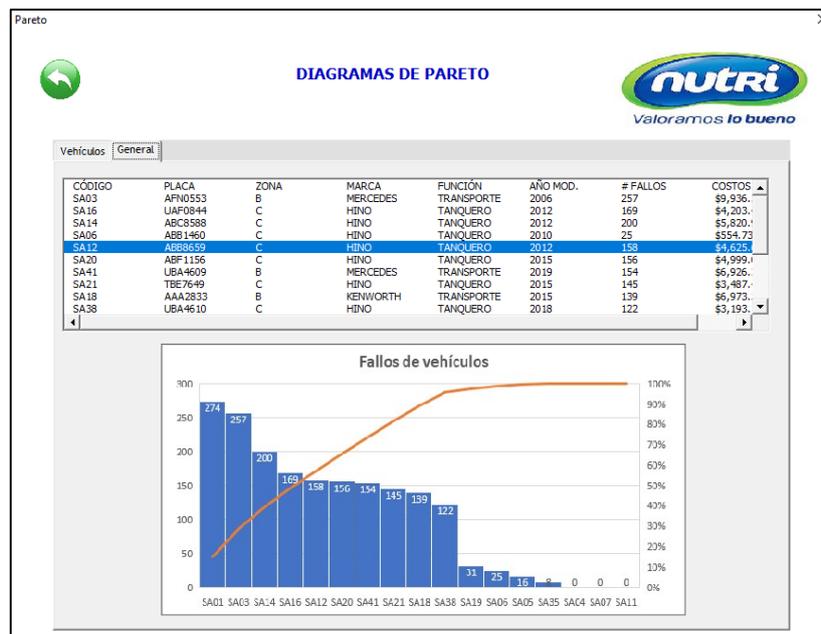


Figura 2323. Módulo de diagramas de Pareto.

Fuente: Autores.

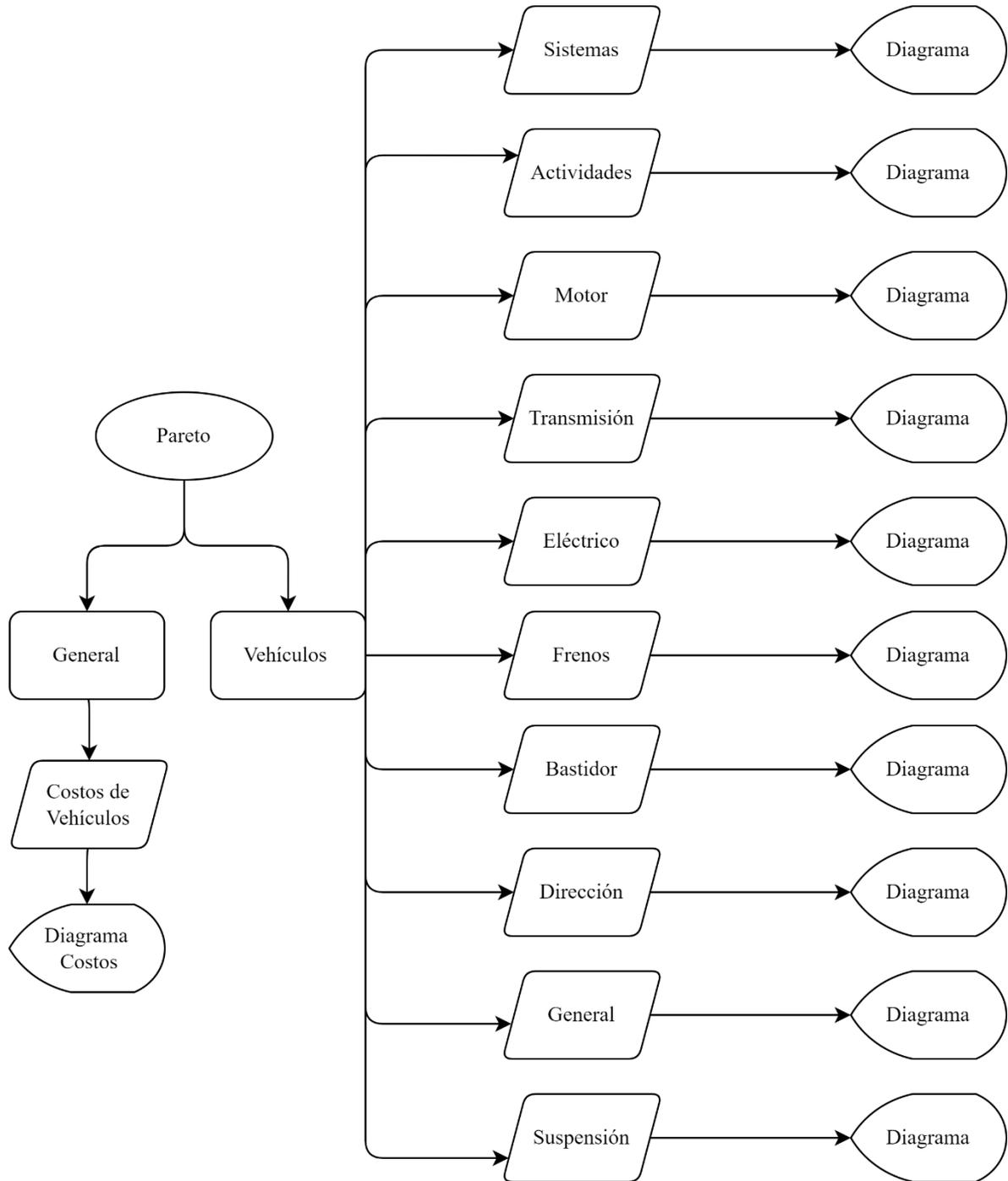


Figura 24: Diagrama de flujo de Metodología de Pareto.

Fuente: Autores.

8. CONCLUSIONES

La flota de vehículos pesados de Lácteos San Antonio C.A. cuenta con dieciocho vehículos pesados los cuales se analizaron mediante la teoría de Pareto en donde se encontró que ocho de ellos presentaban fallas críticas y gastos elevados de mantenimiento.

Se aplica la metodología de Pareto para determinar la mayor concentración de modos de fallo en los elementos automotrices, estas averías se localizan de manera crítica en frenos, carrocería, caja de cambios, dirección y suspensión.

Una vez determinados los elementos críticos se aplica la metodología I.P.R. la cual calcula el índice de criticidad de cada elemento automotriz, y también se identifican las causas de que producen las averías, gracias a la herramienta metodológica AMFE.

Se establece atención primordial a frenos con un índice I.P.R. 189, carrocería 168, caja de cambios 114, barra de dirección 104 y hoja de resorte 102, considerando que la teoría indica que si el número I.P.R. es mayor a 100 los elementos deben ser intervenidos y contar además con un plan de mantenimiento que se adapte a su contexto operacional.

Por tanto, se ha implementado estas actividades en el plan de mantenimiento soportado por una herramienta informática (GMAO), la cual nos ayudara a organizar y sistematizar el mantenimiento de la flota vehicular.

La gestión de activos en GMAO facilita el control de información básica de los vehículos, es decir, permite identificar aspectos clave como la codificación, el tipo de vehículo y números de identificación característicos.

Otro de los puntos claves del software es la gestión de actividades, ya que se cuenta con una codificación exclusiva que permite la identificación y asignación de actividades en las

órdenes de trabajo. Cabe destacar que estas actividades son parte del plan de mantenimiento y las acciones proactivas que se implantaron para mejorar la confiabilidad de los activos.

Sin duda, el aspecto central de GMAO es la gestión de órdenes de trabajo, el módulo propuesto permite organizar las órdenes de trabajo según su estado, fecha, activo, prioridad, responsable, actividades y costos. Se ha establecido y ajustado a las hojas de trabajo que la empresa dispone y se ha comprobado que la información permite a los gestores obtener datos o factores claves que determinan los mantenimientos próximos.

Consecuentemente, el módulo gestión de mantenimiento preventivo es determinante a la hora de planificar mantenimiento, el usuario registra los kilometrajes dos veces o más por semana, comparando así automáticamente con una base de datos y generando alertas de mantenimiento si la actividad preventiva se acerca, es importante precisar nuevamente que en este módulo se consideran las actividades propuestas bajo el criterio de RCM.

Finalmente, los diagramas de Pareto han permitido establecer un punto de partida en el análisis de los vehículos y sus sistemas, estableciendo así un criterio técnico de estudio del estado operacional de los activos.

9. RECOMENDACIONES

En los activos SA04, SA07 y SA11 se debe tomar acciones urgentes, ya que no existe un registro confiable que ayude a determinar la frecuencia, probabilidad y capacidad de detección de fallos, pues los gastos de mantenimientos preventivos y correctivos para la flota en estudio en el período 2020-2022 es aproximadamente \$ 120.321,98 USD. Los tres activos mencionados representan el 31% de este rubro.

La gestión de flotas vehiculares no sólo se enfoca en el mantenimiento preventivo y correctivo, sino en su rendimiento operativo. Es importante establecer un grupo de trabajo para lograr nuevos objetivos de mejora continua para establecer estrategias tales como, control de neumáticos, combustible o análisis de aceite ya que permiten obtener la máxima rentabilidad de los activos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amendola, L. (2014). *Gestión Integral de los activos físicos* (Segunda edición). PMM Institute for Learning.
- Cadick Corporation. (2016). *What is Reliability Centered Maintenance?* [Archivo PDF]. http://otet.ir/wp-content/uploads/2016/10/Reliability_Centered_Maintenance_White_Paper-1.pdf
- Cuatrecasas, L., & Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management* (Primera edición). Profit Editorial.
- Dhillon, B. (1999). Maintainability Tools. In *Engineering Maintainability* (pp. 50–81). Gulf Publishing Company. <https://doi.org/10.1016/B978-088415257-6/50004-1>
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Dixo, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento, Planeación y control* (Primera edición, Vol. 1). Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega editores.
- Flores, D., & Molina, D. (2021). *Mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20559>
- García, C. (2021). *Pareto-Metodología de mantenimiento* [Diapositivas Power Point].
- García, S. (2009). *Ingeniería de mantenimiento, Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial* (Primera edición). Industry Support Siemens.
- González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (Segunda edición). Fundación Confemetal.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), Pub. L. No. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 (4r) “Elementos Mínimos De Seguridad En Vehículos Automotores,” 2016.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], Pub. L. No. NTE INEN 2656 Clasificación Vehicular (2016).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSST], Pub. L. No. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE (2004).
- Kiran, D. R. (2017). Failure Modes and Effects Analysis. *Total Quality Management*, 373–389. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811035-5.00026-X>
- Macián, V., Tormos, B., Lerma, M., & Salavert, J. (2010). *Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) Requerimientos y funcionalidades* (Primera edición). Universitat Politècnica de València.
- Milano, T. (2010). *Planificación y gestión del mantenimiento industrial* (Segunda edición). Editorial Panapo.
- Mital, A., Desai, A., Subramanian, A., & Mital, A. (2014). Designing for Maintenance. In *Product Development A Structured Approach to Consumer Product Development*,

Design, and Manufacture (pp. 203–268). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799945-6.00008-9>

Montilla, C. (2016). *Fundamentos de mantenimiento industrial* (Primera edición). Universidad Tecnológica de Pereira.

Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance* (Segunda edición). Industrial Press Inc.

Sánchez, L., & Tello, P. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa de calzado Luis Carlos* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21349>

ANEXOS

Tipo De Mantenimiento	Cod. Vehículo	Placa	Sistema Automotriz	Costo
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 35,72
Correctivo	SA01	ADO0691	Dirección	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Eléctrico	\$ 19,64
Correctivo	SA01	ADO0691	Eléctrico	\$ 15,18
Correctivo	SA01	ADO0691	Eléctrico	\$ 108,04
Correctivo	SA01	ADO0691	Eléctrico	\$ 100,89
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 26,79
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 66,97
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 58,04
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 31,25
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Frenos	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 0,89
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 5,36
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 17,86
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 0,45
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 26,79
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 8,04
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 20,09
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 23,21
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 21,43
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 5,36
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 17,86
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 3,57
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 44,65
Correctivo	SA01	ADO0691	General	\$ 5,36
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 83,04
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 26,79
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 241,07
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 2,68
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 17,86
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 116,07
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 17,86
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 44,64
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 71,43
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 2,68
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 53,58
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 35,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 22,32
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 90,18
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 75,89
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 144,20
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$ 2,68

Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	17,86
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	46,43
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	116,07
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	35,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	35,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	2,68
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	1.017,86
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	1.535,72
Correctivo	SA01	ADO0691	Motor	\$	334,82
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	208,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	35,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	71,43
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	71,43
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	64,29
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	16,07
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	26,79
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	48,21
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	31,25
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	51,79
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	42,86
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	31,25
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	62,50
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	14,29
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	33,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	57,04
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	35,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	16,07
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	8,93
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	13,39
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	25,89
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	51,79
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	10,71
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	21,43
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	17,85
Correctivo	SA01	ADO0691	Suspensión	\$	4,46
Correctivo	SA01	ADO0691	Transmisión	\$	58,04

Anexo. A 1: Tabulación de Vehículo SA01-ADO0691.

Fuente: Autores

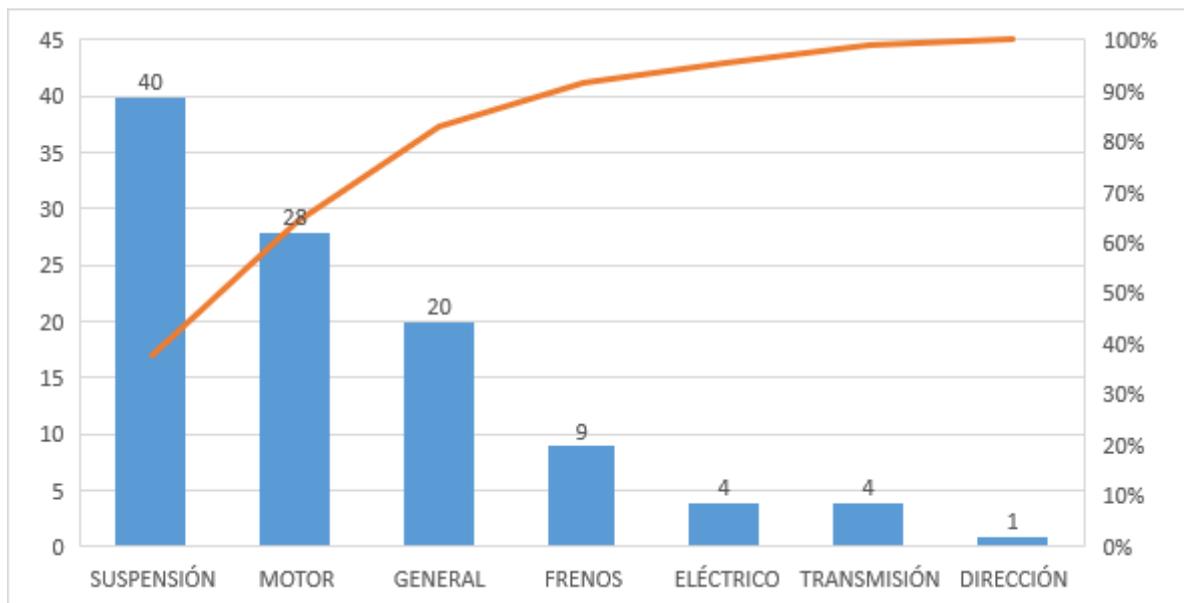


Figura A. 1: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA01-ADO0691.

Fuente: Autores

Tipo De Mantenimiento:	Correctivo		
Placa:	ADO0691		
Sistema Automotriz	# Fallos	# Fallos %	Costo
Suspensión	40	38%	\$ 1.234,70
Motor	28	26%	\$ 4.236,18
General	20	19%	\$ 258,94
Frenos	9	8%	\$ 218,75
Eléctrico	4	4%	\$ 243,75
Transmisión	4	4%	\$ 266,07
Dirección	1	1%	\$ 8,93
Totales	106	100%	\$ 6.467,32

Anexo. A 2: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA01-ADO0691.

Fuente: Autores

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA03	AFN0553	Bastidor	28,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Bastidor	116,07
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	120,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	225,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	20,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	30,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	260,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	30,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	243,75
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	357,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Dirección	17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	5,72
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	3,60
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	40,65
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	14,28
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	102,15
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	16,26
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	5,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	8,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	13,40
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	12,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	2,70
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	132,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	2,70
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	22,32
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	28,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	7,59
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	2,68
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	0,45
Correctivo	SA03	AFN0553	Eléctrico	73,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	24,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	196,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	37,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	4,46
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	14,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	0,70
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	29,02
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	125,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	53,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	Frenos	71,43

Correctivo	SA03	AFN0553	General	2,60
Correctivo	SA03	AFN0553	General	39,28
Correctivo	SA03	AFN0553	General	6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	10,80
Correctivo	SA03	AFN0553	General	8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1,80
Correctivo	SA03	AFN0553	General	24,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	3,04
Correctivo	SA03	AFN0553	General	16,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1,61
Correctivo	SA03	AFN0553	General	2,23
Correctivo	SA03	AFN0553	General	2,39
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1,61
Correctivo	SA03	AFN0553	General	6,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	32,50
Correctivo	SA03	AFN0553	General	7,23
Correctivo	SA03	AFN0553	General	42,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	14,29
Correctivo	SA03	AFN0553	General	7,14
Correctivo	SA03	AFN0553	General	3,57
Correctivo	SA03	AFN0553	General	26,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	10,50
Correctivo	SA03	AFN0553	General	10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1,79
Correctivo	SA03	AFN0553	General	13,39
Correctivo	SA03	AFN0553	General	1,25
Correctivo	SA03	AFN0553	General	19,64
Correctivo	SA03	AFN0553	General	17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	66,96
Correctivo	SA03	AFN0553	General	8,93
Correctivo	SA03	AFN0553	General	16,07
Correctivo	SA03	AFN0553	General	17,86
Correctivo	SA03	AFN0553	General	4,46
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	25,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	10,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	301,79
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	3,50
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	80,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	81,25
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	20,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	21,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Motor	15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	16,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	60,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	44,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	30,36
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	60,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	26,79
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	169,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	66,96
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	31,25
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	178,57
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	35,71
Correctivo	SA03	AFN0553	Suspensión	517,85

Correctivo	SA03	AFN0553	Transmisión	21,42
Correctivo	SA03	AFN0553	Transmisión	44,64
Correctivo	SA03	AFN0553	Transmisión	85,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Transmisión	15,00
Correctivo	SA03	AFN0553	Transmisión	3289,28

Anexo. A 3: Tabulación de datos de vehículo SA03-AFN0553.

Fuente: Autores

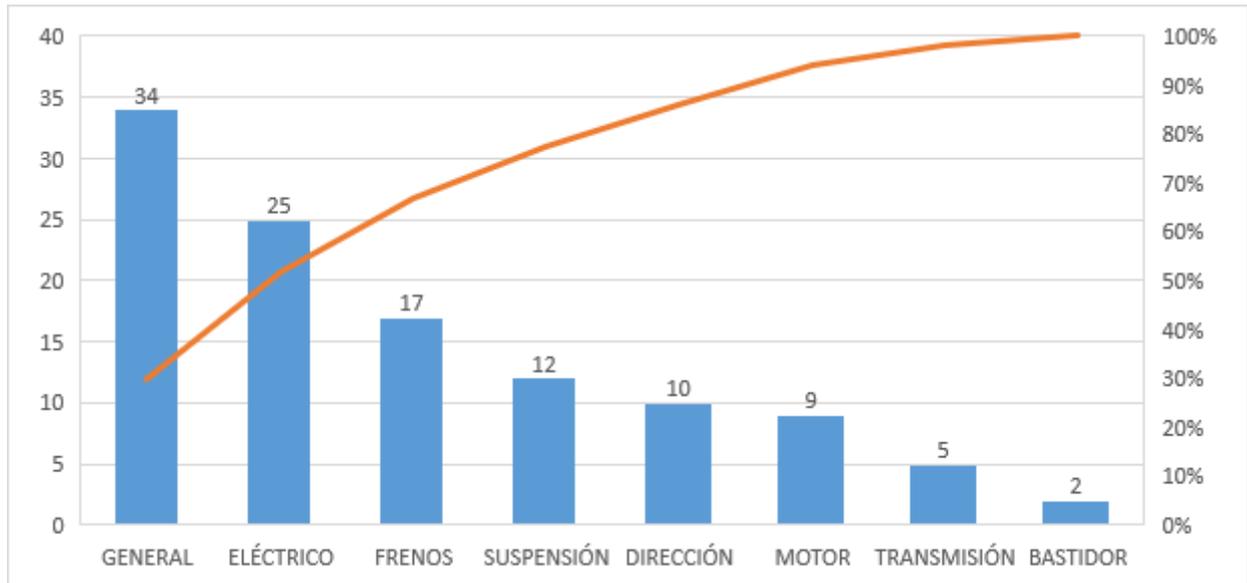


Figura A. 2: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA03-AFN0553.

Fuente: Autores

Tipo De Mantenimiento:		Correctivo		
Placas:		AFN0553		
Sistema Automotriz	# De Fallos	# De Fallo %	Costo	
General	34	30%	\$	466,94
Eléctrico	25	22%	\$	538,95
Frenos	17	15%	\$	641,68
Suspensión	12	11%	\$	1.239,19
Dirección	10	9%	\$	1.319,47
Motor	9	8%	\$	557,96
Transmisión	5	4%	\$	3.455,34
Bastidor	2	2%	\$	144,07
Totales	114	100%	\$	8.363,59

Anexo. A 4: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA03-AFN0553.

Fuente: Autores

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA14	ABC8588	Bastidor	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Dirección	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Dirección	22,32
Correctivo	SA14	ABC8588	Dirección	182,20
Correctivo	SA14	ABC8588	Dirección	30,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Dirección	20,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	6,70
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	124,55
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	16,07
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	31,25
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	8,93
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	30,36
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	33,93
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	8,20
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	10,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Eléctrico	40,18
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	60,72
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	40,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	16,60
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	7,14
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	10,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	21,42
Correctivo	SA14	ABC8588	Frenos	25,00
Correctivo	SA14	ABC8588	General	5,40
Correctivo	SA14	ABC8588	General	3,60
Correctivo	SA14	ABC8588	General	5,40
Correctivo	SA14	ABC8588	General	5,36
Correctivo	SA14	ABC8588	General	0,75
Correctivo	SA14	ABC8588	General	19,64
Correctivo	SA14	ABC8588	General	44,65
Correctivo	SA14	ABC8588	General	10,72
Correctivo	SA14	ABC8588	General	117,84
Correctivo	SA14	ABC8588	General	3,57
Correctivo	SA14	ABC8588	General	1,50
Correctivo	SA14	ABC8588	General	20,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	30,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	40,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	136,90
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	25,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	132,14
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	10,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	107,35
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	71,97
Correctivo	SA14	ABC8588	Motor	8,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Suspensión	5,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Suspensión	241,07
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	78,36
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	72,24
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	121,87
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	8,03
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	191,52
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	15,00

Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	20,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	91,25
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	30,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	10,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	30,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	85,80
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	20,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	23,22
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	23,21
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	66,96
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	15,00
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	236,81
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	153,25
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	10,46
Correctivo	SA14	ABC8588	Transmisión	517,86

Anexo. A 5: Tabulación de datos de vehículo SA14-ABC8588

Fuente: Autores

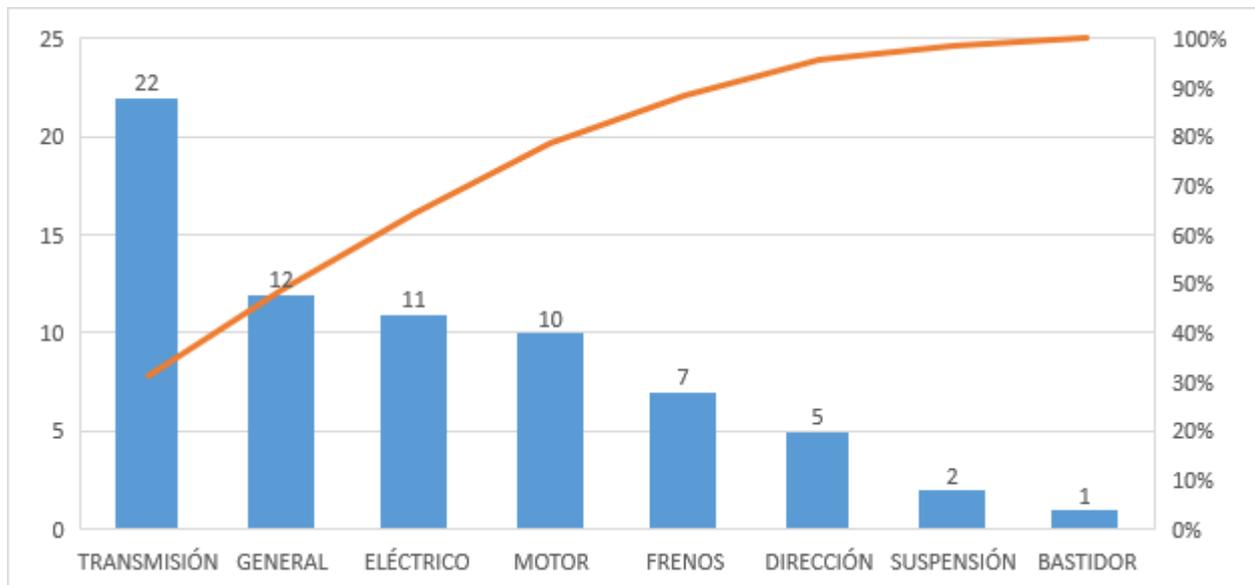


Figura A. 3: Grafico de Pareto elementos críticos de vehículo SA14-ABC8588.

Fuentes: Autores.

Tipo De Mantenimiento:	Correctivo		
Placa:	ABC8588		
Sistema Automotriz	# De Fallos	# De Fallos %	Costo
Transmisión	22	31%	\$ 1.835,84
General	12	17%	\$ 238,43
Eléctrico	11	16%	\$ 325,17
Motor	10	14%	\$ 576,36
Frenos	7	10%	\$ 180,88
Dirección	5	7%	\$ 269,52
Suspensión	2	3%	\$ 246,07
Bastidor	1	1%	\$ 15,00
Totales	70	100%	\$ 3.687,27

Anexo. A 6: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA14-ABC8588.

Fuente: Autores

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA18	AAA2833	Transmisión	58,80
Correctivo	SA18	AAA2833	Transmisión	35,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Transmisión	76,79
Correctivo	SA18	AAA2833	Transmisión	78,57
Correctivo	SA18	AAA2833	Suspensión	36,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Suspensión	244,52
Correctivo	SA18	AAA2833	Motor	6,25
Correctivo	SA18	AAA2833	Motor	25,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Motor	40,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Motor	6,25
Correctivo	SA18	AAA2833	General	7,14
Correctivo	SA18	AAA2833	General	38,32
Correctivo	SA18	AAA2833	General	0,80
Correctivo	SA18	AAA2833	General	2,25
Correctivo	SA18	AAA2833	General	6,25
Correctivo	SA18	AAA2833	General	39,29
Correctivo	SA18	AAA2833	General	13,40
Correctivo	SA18	AAA2833	General	6,28
Correctivo	SA18	AAA2833	General	49,11
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	6,50
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	17,86
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	20,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	11,61
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	10,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	18,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	12,80
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	66,30
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	13,38

Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	20,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	5,35
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	5,40
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	4,68
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	20,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	80,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	66,07
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	4,02
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	10,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Frenos	12,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	3,56
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	3,56
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	0,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	15,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	32,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	10,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Eléctrico	10,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Dirección	40,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Dirección	20,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Dirección	25,00
Correctivo	SA18	AAA2833	Bastidor	195,78

Anexo. A 7: Tabulación de datos de vehículo SA18-AAA2833.

Fuentes: Autores.

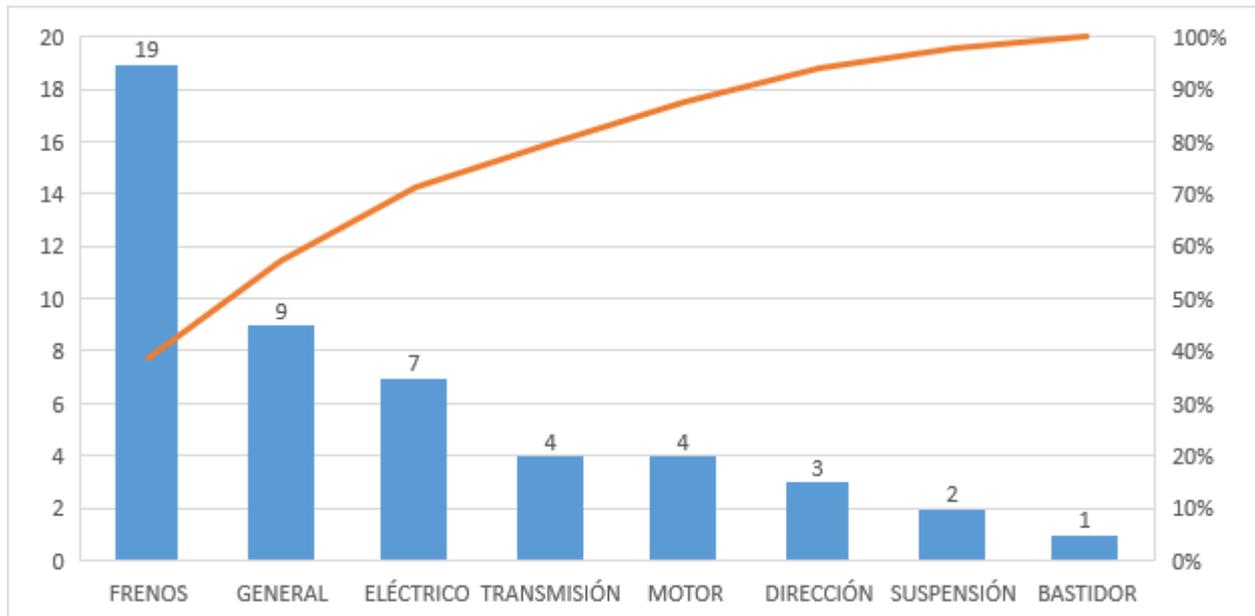


Figura A. 4: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA18-AAA2833.

Fuente: Autores.

Tipo De Mantenimiento: Correctivo			
Placa: AAA2833			
Sistemas Automotrices	# De Fallos	# Fallos En %	Costo
Frenos	19	39%	\$ 403,97
General	9	18%	\$ 162,83
Eléctrico	7	14%	\$ 74,12
Transmisión	4	8%	\$ 249,16
Motor	4	8%	\$ 77,50
Dirección	3	6%	\$ 85,00
Suspensión	2	4%	\$ 280,52
Bastidor	1	2%	\$ 195,78
Totales	49	100%	\$ 1.528,88

Anexo. A 8: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA18-AAA2833.

Fuente: Autores.

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA19	ABE2729	Eléctrico	\$ 3,50
Correctivo	SA19	ABE2729	Eléctrico	\$ 8,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 430,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 360,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 68,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 21,40
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 23,20
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 17,76
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 8,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 30,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 80,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 24,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Frenos	\$ 10,00
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 10,40
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 1,25
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 17,64
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 4,05
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 2,25
Correctivo	SA19	ABE2729	General	\$ 3,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 25,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 82,35
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 71,97
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 6,25
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 20,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 10,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 5,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 8,00

Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 25,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 10,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 8,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 23,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 7,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Motor	\$ 25,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 18,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 38,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 12,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 10,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 11,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 23,40
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 35,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 8,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 15,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 30,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 74,10
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 35,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 4,82
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 8,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 306,42
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 40,00
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 39,29
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 42,86
Correctivo	SA19	ABE2729	Suspensión	\$ 123,80

Anexo. A 9: Tabulación de datos de vehículo SA19-ABE2729.

Fuente: Autores.

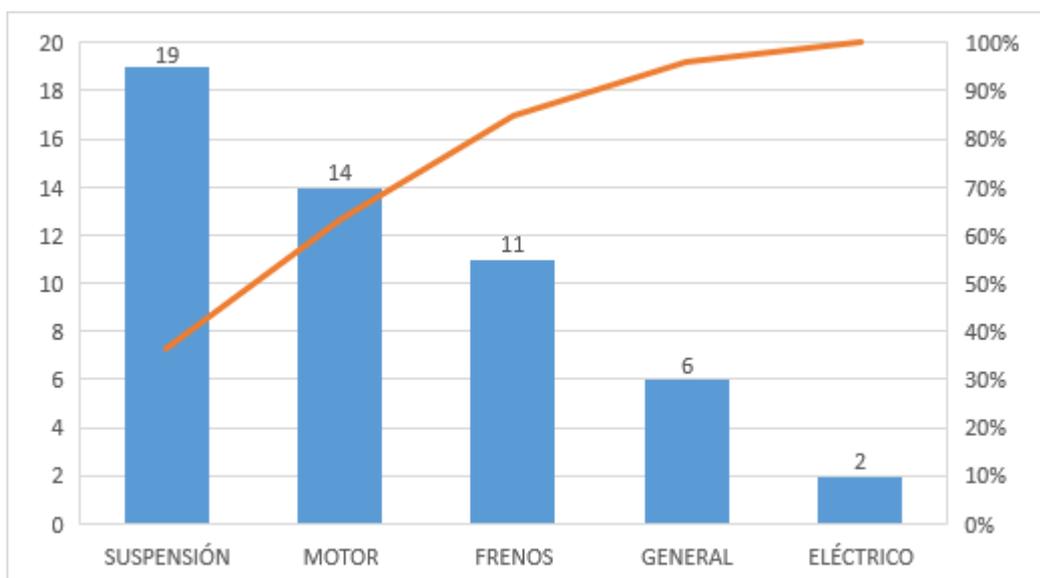


Figura A. 5: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA19-ABE2729.

Fuente: Autores.

Tipo De Mantenimiento:	Correctivo		
Placa:	ABE2729		
Sistema Automotriz	# Fallos	# Fallos %	Costo
Suspensión	19	37%	\$ 874,69
Motor	14	27%	\$ 326,57
Frenos	11	21%	\$ 1.072,36
General	6	12%	\$ 38,59
Eléctrico	2	4%	\$ 11,50
Totales	52	100%	\$ 2.323,71

Anexo. A 10: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA19-ABE2729.

Fuente: Autores.

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 110,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 21,50
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 53,75
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 62,70
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 48,23
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 49,91
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 81,25
Correctivo	SA16	UAF0844	Transmisión	\$ 30,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 35,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 18,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 35,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 35,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 25,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Suspensión	\$ 18,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Motor	\$ 19,50
Correctivo	SA16	UAF0844	Motor	\$ 30,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Motor	\$ 20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Motor	\$ 5,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Motor	\$ 13,40
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 10,40
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 78,56
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 9,82
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 6,25
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 88,00
Correctivo	SA16	UAF0844	General	\$ 49,10

Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	21,66
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	21,42
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	19,40
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	16,38
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	87,86
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	9,20
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	80,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	8,03
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	15,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	22,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	24,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	24,26
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	9,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	70,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	65,31
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	80,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	15,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	30,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	27,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	81,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	30,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	16,06
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	30,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	8,03
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	40,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	18,75
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	30,40
Correctivo	SA16	UAF0844	Frenos	\$	25,54
Correctivo	SA16	UAF0844	Dirección	\$	83,20
Correctivo	SA16	UAF0844	Dirección	\$	20,00
Correctivo	SA16	UAF0844	Bastidor	\$	2,00

Anexo. A 11: Tabulación de datos de vehículo SA16-UBF0844.

Fuente: Autores.

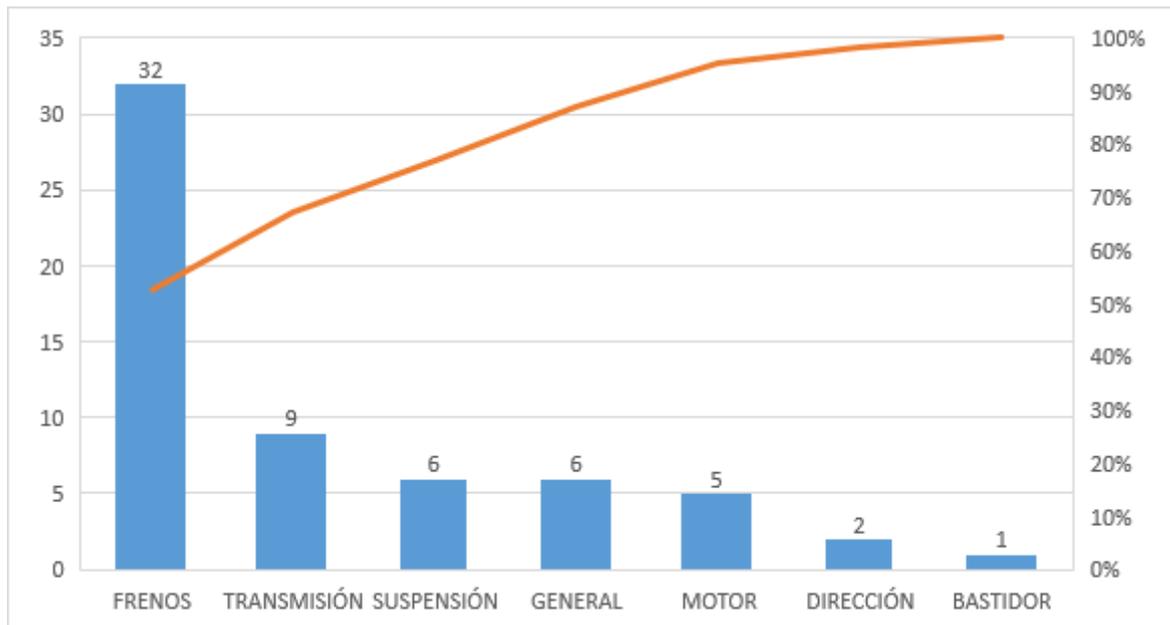


Figura A. 6: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA16-ABF0844.

Fuente: Autores.

Tipo De Mantenimiento:		Correctivo	
Placa:		UBF0844	
Sistema Automotriz	# Fallos	# Fallos %	Costo
Frenos	32	52%	\$ 1.005,30
Transmisión	9	15%	\$ 477,34
Suspensión	6	10%	\$ 166,00
General	6	10%	\$ 242,13
Motor	5	8%	\$ 87,90
Dirección	2	3%	\$ 103,20
Bastidor	1	2%	\$ 2,00
Totales	61	100%	\$ 2.083,87

Anexo. A 12: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA16-UBF0844.

Fuente: Autores.

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA20	ABF1156	Dirección	\$ 496,80
Correctivo	SA20	ABF1156	Dirección	\$ 140,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Eléctrico	\$ 3,60
Correctivo	SA20	ABF1156	Eléctrico	\$ 48,50
Correctivo	SA20	ABF1156	Eléctrico	\$ 96,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Eléctrico	\$ 8,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Eléctrico	\$ 25,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Frenos	\$ 28,50
Correctivo	SA20	ABF1156	Frenos	\$ 8,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Frenos	\$ 4,46

Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	1,20
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	0,80
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	10,71
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	6,25
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	4,50
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	2,00
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	1,60
Correctivo	SA20	ABF1156	General	\$	15,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	6,25
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	10,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	30,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	121,88
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	71,92
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	40,62
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	82,35
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	17,41
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	90,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	30,09
Correctivo	SA20	ABF1156	Motor	\$	18,75
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	78,50
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	10,00
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	85,71
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	19,64
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	64,29
Correctivo	SA20	ABF1156	Suspensión	\$	44,64

Anexo. A 13: Tabulación de datos de vehículo SA20-ABF1156.

Fuente: Autores.

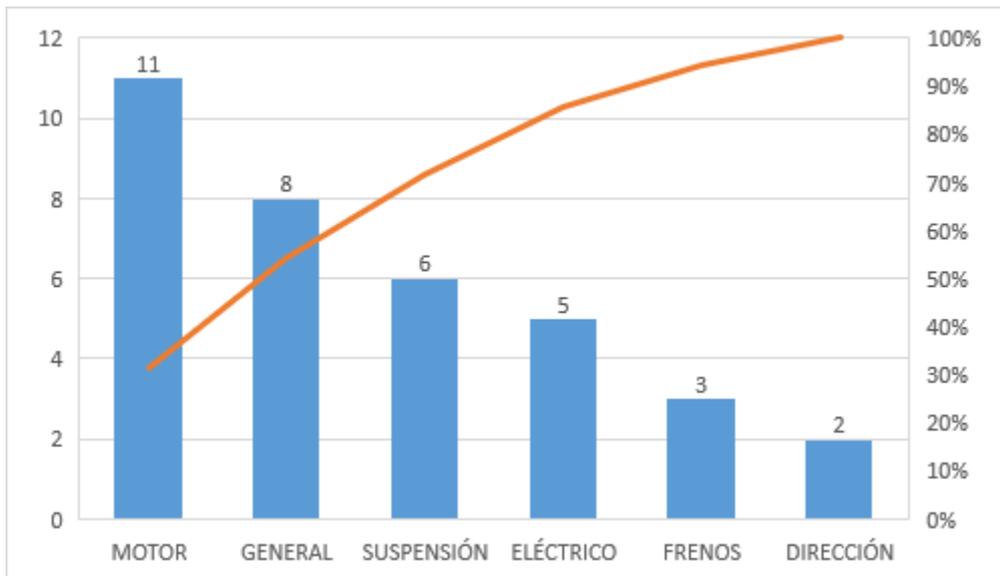


Figura A. 7: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA20-ABF1156.

Fuente: Autores.

Tipo De Mantenimiento:	Correctivo		
Placa:	ABF1156		
Sistema Automotriz	# Fallos	# Fallos %	Costo
Motor	11	31%	\$ 519,27
General	8	23%	\$ 42,06
Suspensión	6	17%	\$ 302,78
Eléctrico	5	14%	\$ 181,10
Frenos	3	9%	\$ 40,96
Dirección	2	6%	\$ 636,80
Totales	35	100%	\$ 1.722,97

Anexo. A 14: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA20-ABF1156

Fuente: Autores.

Tipo De Ot	Cod. Vehículo	Placa	Sistemas Automotrices	Valor
Correctivo	SA12	ABB8659	Transmisión	\$ 81,25
Correctivo	SA12	ABB8659	Transmisión	\$ 25,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Transmisión	\$ 110,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Transmisión	\$ 259,15
Correctivo	SA12	ABB8659	Transmisión	\$ 40,50
Correctivo	SA12	ABB8659	Suspensión	\$ 183,68
Correctivo	SA12	ABB8659	Suspensión	\$ -
Correctivo	SA12	ABB8659	Suspensión	\$ 56,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Suspensión	\$ 25,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 75,45
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 6,25
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 10,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 90,27
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 10,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 15,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 30,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 9,99
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 25,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 4,60
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 35,71
Correctivo	SA12	ABB8659	Motor	\$ 22,32
Correctivo	SA12	ABB8659	General	\$ 44,65
Correctivo	SA12	ABB8659	General	\$ 19,64
Correctivo	SA12	ABB8659	General	\$ 53,58
Correctivo	SA12	ABB8659	General	\$ 5,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 40,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 40,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 16,60
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 8,93
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 21,43
Correctivo	SA12	ABB8659	Frenos	\$ 10,71
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 203,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 41,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 8,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 1,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 45,00
Correctivo	SA12	ABB8659	Eléctrico	\$ 38,00

Anexo. A 15: Tabulación de datos de vehículo SA12-ABB8659.

Fuente: Autores.

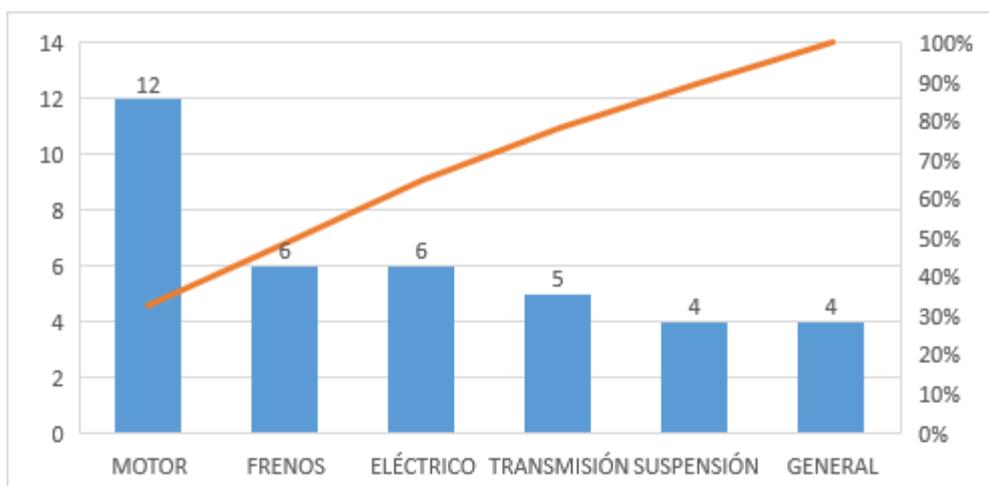


Figura A. 8: Gráfico de Pareto elementos críticos de vehículo SA12-ABB8659.

Fuente: Autores.

Tipo De Mantenimiento:	Correctivo		
Placa:	ABB8659		
Sistema Automotriz	# De Fallos	# De Fallos %	Costo
Motor	12	32%	\$ 334,59
Frenos	6	16%	\$ 137,67
Eléctrico	6	16%	\$ 336,00
Transmisión	5	14%	\$ 515,90
Suspensión	4	11%	\$ 264,68
General	4	11%	\$ 122,87
Totales	37	100%	\$ 1.711,71

Anexo. A 16: Tabulación por sistemas automotrices de vehículo SA12-ABB8659.

Fuente: Autores.