



**Propuesta de Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) para los  
Vehículos de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.**

**Luis Alberto Avilés Vargas**

Código 20451515964

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2023



**Propuesta de Plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) para los  
Vehículos de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.**

**Luis Alberto Avilés Vargas**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Mecánico**

Director (a):  
Ing. Karel Joel Arencibia.

Línea de Investigación:  
Mantenimiento de equipos.

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2023



## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

## Contenido

	Pág.
Tabla de contenido	
<b>Lista de Tablas</b> .....	<b>IX</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>15</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>16</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>17</b>
<b>Capítulo I. Antecedentes</b> .....	<b>22</b>
1.1 Experiencias Locales.....	22
1.2 Experiencias Nacionales .....	24
1.3 Experiencias Internacionales.....	24
1.4 Planteamiento del Problema.....	25
1.5 Justificación.....	27
<b>Capítulo II. Marco Teórico</b> .....	<b>30</b>
2.1 Mantenimiento .....	31
2.2 Tipos de Mantenimiento.....	33
2.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	33
2.2.2. Mantenimiento Preventivo .....	34
2.2.3 Mantenimiento Predictivo .....	35
2.2.4 Mantenimiento Productivo Total.....	37
2.2.5 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM .....	38
2.3 Confiabilidad.....	41
2.4 Disponibilidad .....	42
2.5 Mantenibilidad .....	42
2.6 Fases para Implementar RCM.....	42
2.6.1 Fase 0 Listado de Equipos .....	42
2.6.2 Fase 1 Listado de Funciones y Especializaciones .....	42
2.6.3 Fase 2 Determinación de Fallos Funcionales y Técnicos.....	43

2.6.4	Fase 3 Determinación de los Modos de Fallo.....	43
2.6.5	Fase 4 Análisis de la Gravedad de los Fallos (Criticidad).....	43
2.6.6	Fase 5 Determinación de Medidas Preventivas .....	44
2.6.7	Fase 6 Agrupación de las Medidas Preventivas.....	44
2.6.8	Fase 7 Puesta en Marcha de las Medidas Preventivas Planteadas .....	45
<b>Capítulo III. Diseño Metodológico.....</b>		<b>46</b>
3.1	Técnicas de Investigación .....	47
3.2	Técnicas de Análisis.....	47
3.2.1	Diagrama de Flujo .....	47
3.2.2	Árbol Lógico de Decisión.....	48
3.3	Fases Metodológicas .....	48
3.3.1	Preanálisis del Mantenimiento.....	48
3.3.2	Análisis de Criticidad .....	48
3.3.2	Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) de los Vehículos .....	48
3.4	Población y Muestra.....	49
3.4.1	Población .....	49
3.4.2	Muestra .....	49
3.4.3	Muestreo .....	49
<b>Capítulo IV. Diagnóstico y propuesta del mantenimiento RCM .....</b>		<b>50</b>
4.2	Costos .....	51
4.2	Propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM .....	53
4.3	Preguntas de aplicación al R.C.M.....	54
4.4	Uno. Funciones de los Vehículos de transporte .....	54
4.5	Dos. Falla funcional .....	56
4.6	Tres. Modo de falla .....	57
4.7	Cuatro. Efectos de la falla .....	57
4.8	Cinco. Consecuencia de la falla. ....	58
4.9	Sexto. Prevención de la falla.....	59
4.10	Séptimo. Sin opciones de prevenir la falla. ....	62
4.11	Análisis de criticidad.....	63
<b>VI. Resultados.....</b>		<b>65</b>
6.1	Resultados del diagnostico.....	65
6.2	Cotización de los mantenimientos a realizar.....	65
6.3	Resultados de la propuesta de mantenimiento .....	68
<b>Conclusiones.....</b>		<b>71</b>
<b>7. Anexos.....</b>		<b>72</b>

Anexo. Diagnostico realizados a los tres camiones JAC .....	75
Anexo . Modos de fallas y efectos de falla. ....	85
Anexo. Matriz de criticidad.....	93
Anexo. Hoja de información .....	94
Anexo. Hoja de decisión R.C.M .....	95
<b>8. Referencias bibliograficas.....</b>	<b>96</b>

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 2- 1 Tipos de mantenimiento .....	33
Tabla 4- 1 Fallas funcionales .....	56
Tabla 4- 2 Leyenda para identificar la criticidad .....	63
Tabla 4- 3 Matriz de criticidad.....	64
Tabla 4- 4 Mantenimiento R.C.M para un año .....	68
Tabla 4 - 1 Costos de mantenimiento .....	51
Tabla 5- 2 Costos para los tres camiones.....	65

*(Dedicatoria)*

*Le dedico este proyecto a mi familia, en especial a  
Dios por guiarme y darme todo el apoyo para salir adelante.*

## **Agradecimientos**

Agradeciendo a la universidad y demás profesores que formaron y dieron un aporte durante el desarrollo de la carrera, y en especial al gremio de camioneros de Colombia que aportaron conocimientos para el desarrollo de la investigación y profundizar en mi tesis.

## Resumen

Actualmente la flota vehicular de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S. tiene la responsabilidad del traslado de diferentes productos dentro de Colombia que asciende a las 540 toneladas mensuales de alimentos perecederos y bebidas para cerveceria. Sin embargo, en los últimos años la empresa no ha podido cumplir de manera adecuada sus compromisos, fundamentalmente por importantes retrasos en la prestación del servicio, ocasionando pérdidas por un valor de 600.000 pesos por día, en cada camión que entre en parada, trayendo consigo la ausencia de importantes clientes por falta de credibilidad y eficiencia. Esta situación se genera fundamentalmente por el incremento del nivel de roturas e inoperatividad de los vehículos de transporte de carga, elevando considerablemente los costos por reparación.

Atendiendo a estos antecedentes, la presente investigación tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento centrado en RCM aplicado a los vehículos JAC, de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S, que permita garantizar la eficiencia y calidad de su desempeño.

La metodología empleada cumple con los requisitos establecidos por las normas y procedimientos para la elaboración de un plan de mantenimiento por RCM, teniendo en cuenta etapas y actividades.

El resultado del estudio permitió realizar un diagnóstico de los principales sistemas que fallan, y su nivel de criticidad, finalmente se presenta una propuesta de Plan de Mantenimiento RCM que permitirá garantizar la operatividad y fiabilidad de los vehículos para que puedan cumplir de manera adecuada con su función.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Fallo, Criticidad.

## **Abstract**

Currently, the vehicle fleet of Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S. is responsible for the transportation of different products within Colombia, amounting to 540 tons per month of perishable food and beverages for breweries, being transported by three JAC trucks in an average time of 3 days per vehicle for a total of 10 to 9 trips per month. However, in recent years the company has not been able to adequately meet its commitments, mainly due to significant delays in providing the service, causing losses of 600,000 pesos per day for each truck that stops, resulting in the absence of important customers due to lack of credibility and efficiency. This situation is generated mainly by the increase in the level of breakdowns and inoperability of cargo transportation vehicles, raising considerably the repair costs.

In view of this background, the objective of this research is to elaborate a maintenance plan focused on RCM applied to JAC vehicles of the company Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S., which allows guaranteeing the efficiency and quality of its performance.

The methodology used complies with the requirements established by the standards and procedures for the development of a maintenance plan by RCM, taking into account stages and activities.

The result of the study allowed making a diagnosis of the main systems that fail, and their level of criticality, finally a proposal of RCM Maintenance Plan is presented that will guarantee the operability and reliability of the vehicles so that they can adequately fulfill their function.

Key words: Maintenance, Reliability, Availability, Maintainability, Failure, Criticality.

## Introducción

Importancia y actualidad del tema:

La presente propuesta muestra un plan de mantenimiento, que asegura un ciclo de vida de los activos, relacionando variables como costo efectivo, determinando un plan de mantenimiento encargado de la conservación de la función de equipos para las personas, áreas o empresas que manufacturan bienes o prestan servicios, a través de los recursos de que disponen.

La industria del transporte de carga en la actualidad se rige por altos estándares de calidad, competitividad, confiabilidad y seguridad, que fija de manera significativa el éxito y permanencia de una empresa en el mercado Rodríguez (2018), siendo el tema de mantenimiento una factor neurálgico en la tarea de optimizar la disponibilidad de equipos, maquinaria y vehículos en operación colaborando en la racionalización de los diferentes recursos de la organización que apunte a una efectiva prestación del servicio o fabricación de producto final. Además, el progreso y desarrollo de las empresas, implica que la mayor atención se les debe prestar al comportamiento de los activos físicos que al entrar en fallas no sólo ocasionan el desequilibrio en la producción e interrupción de servicios, sino que se ve comprometida nuestra hasta nuestra propia supervivencia como raza humana Moubray (2015).

Las compañías necesitan estar soportadas en estrategias y planes de mantenimiento R.C.M; que les facilite el ahorro de mano de obra y tiempos en actividades de reparación correctivas, ya que repercute en los tiempos de parada de vehículos y su disponibilidad para la prestación eficiente del servicio al cliente final.

Para el autor García (García,2010), el mantenimiento fundamentado en el modelo de organización que es capaz de restablecer rápidamente las condiciones de operación para

reducir al mínimo las pérdidas de producción y operatividad. Por lo tanto, el RCM para el investigador Martínez (2018), se utiliza por su su eficiencia en la tarea de optimizar el mantenimiento preventivo, con el fin de disminuir costos de mantenimiento, aumentando la confiabilidad y la seguridad de los equipos.

La importancia del mantenimiento para la empresa:

La investigación aporta una propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad R:C.M para los vehículos JAC de la empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S. que de acuerdo al problema por la ausencia de un mantenimiento; pueda coadyuvar en la disminución de aquellos indicadores relacionados con gastos en reparación.

### **Situación problémica o causas que generan el problema:**

El problema que tiene la empresa actualmente para cumplir las entregas de mercancías como alimentos perecederos y cervecería por medio de sus flotas de vehículos de la marca JAC, se debe a la presencia de fallas mecánicas sistemáticas, provocada por la ausencia de los mantenimientos correspondientes, ocasionando las siguientes situaciones:

1. Alta frecuencia en la presentación de fallas y dificultades en la disponibilidad de los camiones JAC.
2. Retrasos en la prestación del servicio de transporte de carga, provocando pérdida de contratos con los clientes.
3. Inoperatividad de los vehículos que componen la flota, con un promedio anual de falla esta entre 4 a 6 eventos por camión al año. Debido a que realizan recorridos que requieren entre 800 km a 1300 km de recorrido por viaje.

4. Falta de historial de mantenimiento con sus respectivos registros.
5. No existe control de las posibles causas que provocan las fallas en los camiones JAC.  
Altos costos de reparaciones mecánicas.

Teniendo en cuenta los elementos expuesto con anterioridad se declara como **problema de investigación:** la ausencia de un plan de mantenimiento para los vehículos JAC, que permita garantizar la calidad y eficiencia del desempeño en la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.

**Objetivo general:** Elaborar un plan de mantenimiento centrado en RCM aplicado a los vehículos JAC, de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.

Para dar cumplimiento al objetivo general se declaran los siguientes objetivos específicos:

**Objetivos específicos:**

1. Diagnosticar las fallas funcionales de la flota de camiones JAC de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.
2. Realizar un análisis de criticidad para determinar la gravedad de los fallos frecuentes en los camiones JAC de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.
3. Elaborar una propuesta de plan de mantenimiento R.C.M, el cual permitirá ejercer medidas preventivas para los camiones JAC de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.

Para el cumplimiento de los objetivos **la metodología** empleada se conforma por etapas y/o actividades:

- Búsqueda de información o levantamiento de registros que se tienen sobre las posibles causas que provocan fallas en los camiones de carga JAC.
- Revisar los historiales de mantenimientos de cada camión JAC para determinar cuáles son las fallas con mayor frecuencia en los principales sistemas del vehículo.
- Estimación del valor del reemplazo de la pieza y el valor del arreglo en la ciudad de Neiva.
- Identificar a partir del diagrama de decisión, las consecuencias que provocan la falla o fallas según la norma SAE JA1011.
- Desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento, según la norma SAE JA1011: determinar y definir las partes funciones principales del camión JAC, las fallas funcionales con mayor frecuencia, el modo en se produce la falla, los efectos que causan los modos de falla, las consecuencias que produce la falla y definir la solución a través del diagrama de decisión

**Aporte:**

Se presenta la propuesta de un plan de mantenimiento RCM a los vehículos JAC de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S, que contiene los formatos, el cómo se debe diligenciar el mantenimiento y el registro controlado de las fallas y sus principales causas.

**Beneficios:**

La información e historial de mantenimiento, así como las demás bondades de la aplicación de un plan de mantenimiento por RCM a los vehículos de la Empresa, sirve como soporte para evitar o disminuir el riesgo de las fallas, aportando mayor seguridad y confianza del servicio que presta la empresa a sus clientes. Permite, además contar con un control basado en un diagrama de decisiones lógicas, que contempla información importante y fiable para la toma de decisiones, prevenir o predecir fallas, evitando gastos, paradas inesperadas y por supuesto contribuir al cuidado y preservación del medioambiente.

## Capítulo I. Antecedentes

En este capítulo se presentan las experiencias de proyectos locales, nacionales e internacionales que aportan a la fundamentación y contextualización de la investigación.

### 1.1 Experiencias Locales

La investigación denominada “Propuesta de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para una máquina granalladora” realizada por Edison Yesid González Forero y Didier Reinaldo Moreno Ajiaco en el año 2018, propuso una metodología para la empresa WDM Metales obteniendo como resultados la propuesta del plan de mantenimiento para la máquina que cuenta con “un nivel crítico son: limpieza, sustitución de elementos y lubricación, identificando los repuestos con alto grado de criticidad, teniendo como finalidad lograr que la granalladora este siempre disponible para los requerimientos de producción evitando incurrir en falla, optimizando los recursos disponibles” (Cala y Hernández, 2018, p.16), lo que sin duda da evidencias muy importantes acerca de la manera de diseñar un plan de mantenimiento central en RCM.

El proyecto elaborado en el año 2016 denominado “Cálculo del TPEF (tiempo promedio entre fallas) para una flota de vehículos de transporte masivo (gestión de activos)” a cargo de Jorge Cárdenas, German Bastidas, Hugo Cardozo y José Benítez, en donde se “determinaron el tiempo promedio entre fallas de mantenimiento correctivo, en los vehículos de una empresa de transporte masivo. Se analizaron los datos de fallas recurrentes por medio de análisis matemático y estadístico” (Cala y Hernández, 2018, p.17).

El proyecto referenciado sirve de apoyo para la presente investigación en cuanto coadyuva a establecer la forma de evaluar y calcular los indicadores de gestión relacionados con la variable de tiempo promedio entre fallas.

Los investigadores Juan Camilo Pimiento Páez, John Alejandro García e Iván Fernando Prieto Garzón en su trabajo investigativo desarrollado en el año 2011 denominado “Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para una máquina prensa para la fabricación de clavos en una empresa manufacturera” lograron establecer las debilidades del sistema de mantenimiento de la organización lo que afectó notoriamente la disponibilidad de maquinaria y equipos debido entre otros factores a la alta cantidad de paradas que incrementó los costos por lo que “incrementar la confiabilidad anticipando posibles fallas cíclicas con el fin de optimizar los recursos de la compañía y obtener mejores resultados en cuanto a la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. (Cala y Hernández, 2018, p.17). Este ejercicio fue de utilidad debido a la aplicación del RCM para detallar la aplicación de la metodología en activos independientemente de su tipología.

Cerrando las experiencias, para el año 2010 se llevó a cabo una investigación denominada “Desarrollo De Manual De Mantenimiento Preventivo, Correctivo y de Instalación Para Ups’s Soltec De 20 Kva A 100 Kva” cuyos autores Edwin Orjuela Pardo y Carlos Castillo Amórtegui de la Universidad ECCI, desarrollando un manual de mantenimiento soportados en criterios característicos del mantenimiento preventivo, correctivo y de instalación, cuyo objetivo fundamental gira en torno a proporcionarle a la empresa procedimientos estandarizados que faciliten el desarrollo de tareas de manera eficaz y eficiente, partiendo de una metodología de procedimientos y listas de chequeo. Las enseñanzas dejadas por esta investigación se fundamentan en los conocimientos de

índole técnico de un activo en estudio como la UPS y la operacionalización de su tarea de mantenimiento (Cala y Hernández, 2018, p.18).

### **1.2 Experiencias Nacionales**

La investigación denominada “Plan de Mantenimiento Basado En RCM para la Red de Distribución Eléctrica de Media Tensión A 34,5 Kv de Campo Rubiales Propiedad de Ecopetrol S.A.” del año 2017 elaborada por Juan Carlos Rincón Albarracín Sergio Iván y Merchán Mejía de la Universidad Industrial de Santander, donde exponen las actividades a desarrollar en virtud de la tarea de mantenimiento con miras a mitigar los impactos causados por la fallas en los equipos pertenecientes al sistema de distribución de la compañía, denotándose un gran aporte para el procedimiento de mantenimiento basado en RCM para activos eléctricos. (Rincón y Merchán, 2017).

La investigación denominada “Modelo estratégico de mantenimiento para las subestaciones y redes eléctricas de media tensión de una planta siderúrgica basado en la metodología RCM” del año 2014 realizada por Pablo Martín Bernal López, pone de manifiesto el análisis para la implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en una planta siderúrgica, reduciendo las paradas debido a cortes de energía a través de tareas de mantenimiento costo-efectivas. En la propuesta se hace especial énfasis en el apego a la tendencia mundial basada en la anticipación temprana de un siniestro eléctrico, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico de redes y subestaciones (Bernal, 2014), reflejándose en la utilidad de la investigación en torno a la aplicación de la metodología RCM en activos de carácter eléctrico.

### **1.3 Experiencias Internacionales**

El estudio de Iván Patricio Álvarez Zeas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (Ecuador) del año 2017, denominado “Implementación de la metodología

RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de Cuenca” aporta elementos a tener en cuenta en la implementación de la metodología RCM fundamentado en actividades a desarrollar, frecuencias y responsables así como la identificación de la criticidad de los equipos y herramientas, dejando avizorar su utilidad en la aplicación de esta metodología en activos, sin importar su funcionamiento (Álvarez, 2017).

Entretanto en el año 2012 Iván Gabriel González Lobo en su tesis para la Universidad Simón Bolívar de Venezuela denominada “Diseño de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para el circuito propatria b2” en la cual analizó, de forma sistemática los indicadores de confiabilidad (SAIDI Y SAIFI) lo que suministra como productos los documentos hoja de información y la hoja de decisión del RCM, representando un aporte valioso en la aplicación de la metodología RCM en activos de acuerdo a su contexto operacional (González, 2012).

#### **1.4 Planteamiento del Problema**

Como organización modelo para diseñar la propuesta del plan de mantenimiento se ha tomado a Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A. empresa dedicada al transporte de carga en el departamento del Huila compuesta por una flota de tres camiones, la cual ha presentado durante su historia de operaciones diversos problemas de disponibilidad de vehículos debido a la ausencia de un plan de mantenimiento que garantice efectividad en la gestión de recursos físicos tendientes a prestar eficientemente el servicio de transporte de carga. La tarea de mantenimiento se circunscribe a tener en cuenta las frecuencias de kilometraje del vehículo para aplicar esporádicamente trabajos preventivos y la costumbre de refaccionar algún repuesto cuando se produce una avería o

daño que inevitablemente implica periodos de no disponibilidad del activo y altos de refacción.

Las fallas más recurrentes identificadas en los vehículos de la empresa que se presentan en promedio entre 3 y 4 meses son:

- Avería en los cilindros de frenos
- Avería en los retenedores de las ruedas traseras
- Falla en las bombas hidráulicas (frenos y embrague)
- Daño en los rines traseros
- Daño en las ruedas traseras (estallido a causas de falla en el sistema de frenos)
- Avería freno de ahogo
- Sistema de aire (daño en componentes)
- Falla en la caja de cambios o transferencia
- Avería en la correa de accesorios
- Fallo en el turbo

Los siguientes indicadores sustentan el problema de investigación:

- 3 fallas promedio por vehículo cada 4 meses en el último año.
- \$500.000 valor costo promedio de cada reparación de falla por vehículo en los últimos 12 meses.
- Tiempo promedio de inoperatividad de un vehículo en reparación de 3 días.
- Al mes de septiembre de 2021 los costos por reparación de fallas en la flota de vehículos ascienden a \$20.800.000 con un incremento del 32% respecto al mismo periodo de 2020 (\$15.800.000).

Así las cosas, el concepto de mantenimiento es asimilado en las organizaciones como el departamento o división encargado de asegurar la funcionabilidad de los equipos,

que representa de igual forma un costo para las empresas, pero muchas veces es considerado un costo oculto. Esta diversificación de tareas de mantenimiento es denominada Facility Management (FM), disciplina encargada del mantenimiento de espacios y activos, es decir, de la funcionabilidad y funcionamiento de estos para lograr la efectividad total en la utilización de activos físicos disponibles Martínez (2014). La mejora que se puede obtener puede ser del orden de entre 5% y 20% de gastos de mantenimiento presupuestados en la organización.

La deficiente gestión del plan de mantenimiento de la empresa seleccionada para la investigación se refleja en el mal uso de recursos, tanto humanos como materiales, lo que se observa en el incremento de costos, ante lo cual se pretende estructurar un plan de mantenimiento enfocado en confiabilidad (RMC) para los vehículos de la empresa que logre mejorar los indicadores en esta importante área de la organización coadyuvando en la efectividad en la prestación del servicio.

### **1.5 Justificación**

Cuando se habla del área de mantenimiento se infiere que esta pretende maximizar la disponibilidad y confiabilidad de aquellos activos físicos de cualquier organización prolongando la vida útil de los componentes de los vehículos, de manera que los ingresos no se vean afectados y se puedan suplir las necesidades que la prestación del servicio exige a diario.

Resulta importante reseñar que para que estas empresas alcancen sus objetivos requieren del funcionamiento de maquinarias, equipos y vehículos, los cuales con el constante uso y el paso del tiempo requieren un adecuado mantenimiento para cumplir con

el fin para las cuales fueron diseñadas, constituyéndose el mantenimiento en un factor clave en el desarrollo de las organizaciones, por lo que hace necesario que sea sólido, fuerte y efectivo (Medina, 2019).

Basta sólo recordar por ejemplo que las industrias en Estados Unidos en 2021, el 42,5 % de las empresas en los Estados Unidos gastaron el 21-40 % de su presupuesto operacional en equipos/materiales de limpieza y mantenimiento. Cerca del 35,79 % gastaron solo el 1-20 %, el 16,78 % gastaron el 41-60 %, el 3,36 % gastaron el 61-80 % y el 1,57 % gastaron más del 80 %. El 29 % de las fábricas gastaron del 5 al 10 % de su presupuesto anual en mantenimiento; el 24 % gastaron del 11 al 15 %; el 17 % gastaron más del 15 %; el 17 % gastaron menos del 5 %, y el 13 % no saben lo que gastaron. Cerca del 88 % de las instalaciones subcontratan algunas de las operaciones de mantenimiento. De media, el 23 % de las tareas de mantenimiento son subcontratadas. El 44 % de las fábricas gastan más de 40 horas por semana haciendo mantenimiento. 68 % de la industria considera su programa de seguridad «bueno, pero necesita ser mejorado», mientras que solo el 19 % lo clasifica como «excelente, de máximo nivel», y el 93 % de las empresas consideran que sus procesos de mantenimiento son muy eficaces (Infraspeak, 2022).

La presente propuesta deja entrever el hecho de que el mejor modelo de mantenimiento moderno es aquel que asegura un ciclo de vida de los activos relacionando variables como costo efectivo, determinando un plan de mantenimiento encargado de la conservación de la función de equipos para las personas, áreas o empresas que manufacturan bienes o prestan servicios, a través de los recursos de que disponen.

La investigación pretende aportar una propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros

S.A.S. que de acuerdo al problema detectado pueda coadyuvar en la disminución de aquellos indicadores relacionados con (Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.):

- Fallas promedio por vehículo (3 cada 4 meses en el último año).
- Valor costo promedio de cada reparación de falla por vehículo (\$500.000 en los últimos 12 meses).
- Tiempo promedio de inoperatividad de un vehículo en reparación de 3 días.
- Los costos por reparación de fallas en la flota de vehículos (\$20.800.000 en 2021, con un incremento del 32% respecto al mismo periodo de 2020 \$15.800.000).

De esta forma se justifica la investigación para propiciar una mejora en las operaciones de la empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S., que se relacionan con una eficiente prestación del servicio de carga a nivel departamental y nacional, logrando ahorros por concepto de reparaciones y periodos de inoperatividad de la flota de vehículos de la organización.

## Capítulo II. Marco Teórico

El mantenimiento como tal, se puede decir que “El mantenimiento puede considerarse tan antiguo como la existencia del hombre. Por relatos históricos sabemos que el hombre desde sus principios practicaba el mantenimiento, hasta de sus utensilios más primitivos, aunque no en forma lógica y ordenada, sino forzado por las necesidades básicas para su supervivencia, utilizando cada día medios más efectivos para conseguir sus fines” (García, 2006, p. 1). Con el inicio del siglo pasado se abrió paso la tendencia del mantenimiento correctivo y la generación de los primeros talleres que adquirieron su importancia en la segunda guerra mundial en la cual se observó la necesidad de incorporar técnicas que fueran capaces de prevenir las fallas de los equipos en funcionamiento, lo que equiparó la tarea de mantenimiento al mismo nivel de importancia que el de la producción y el control de calidad (García, 2006).

El concepto de mantenimiento y su creciente importancia se fundamentó en el hecho de que todo equipo sufre por una gran diversidad de causas deterioro o desgaste que es fundamentalmente de tres tipos de acuerdo a García (2006):

- Normal: Debido a causas como la presión, movimiento o velocidad de operación, corrosión, fatiga, temperatura, vibraciones, entre otros.
- Anormal: Debido a descuido, golpes, sobrecarga de trabajo o mala operación.
- Accidental: Debido a causas incontrolables, naturales o meteorológicas u otras no programables que se conocen como accidentes.

Es importante recalcar que el mantenimiento no tiene la capacidad de detener el deterioro, sino que lo retarda, en menor o mayor grado de acuerdo a la calidad y efectividad de este. Desafortunadamente la actitud pasiva de muchos gerentes ha relegado

a esta área a un nivel que lo relaciona con “El mal necesario de la planta que debe ser tolerado” originando que muchas empresas tengan importantes pérdidas por “no contar con un programa de mantenimiento efectivo que disminuya los paros improductivos debidos a fallas imprevistas” (García, 2006, p.1). La nueva tendencia en la adopción de planes de mantenimiento que involucren las áreas de organización y administración, optimizando los recursos disponibles y que sea bien acogido por todos los integrantes de la corporación. Se complementa con la idea de que el mantenimiento no sólo se encarga de prevenir las fallas y paros de la producción sino también que coopera al incremento de las utilidades, mediante programas de reducción de costos (consumo de energéticos), aumento de la calidad del producto, y en general mejorando la productividad de la planta (García, 2006).

Aquí es importante anotar que en las empresas que han adoptado un plan de mantenimiento adecuado la relación entre el mantenimiento de emergencia y el planeado es de 80/20, lo que se convierte en un reto para el área encargada de administrar el proceso al intentar invertir la relación dada.

## **2.1 Mantenimiento**

Se puede definir como “todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico los equipos de producción, herramientas y demás propiedades físicas de las diferentes instalaciones de una empresa.” (García, 2006, p. 2), de lo cual se deriva la importancia del mantenimiento fundamentada en el modelo de organización que se capaz de restablecer rápidamente las condiciones de operación para reducir al mínimo las pérdidas de producción y operatividad. También puede ser definido de acuerdo a Tamayo (2006) como intervención del equipo para calibrarlo, ajustarlo, lubricarlo, cambiarle

piezas, limpiarlo, pintarlo; para devolverlo al cliente de producción para descalibrarlo, desajustarlo, partirle piezas, ensuciarlo, deteriorarlo, hasta que los límites de calidad lo posibiliten (frecuencias de intervención).

La base del mantenimiento es prevenir los daños o averías en los activos de la empresa, con el fin de prolongar la vida útil de la máquina y su disponibilidad. Muchas empresas aún tienen la costumbre de realizar reparaciones cuando ya se ha ocasionado la falla en el activo (Mayorca, 2019).

A nivel mundial el mantenimiento se ha convertido en una herramienta fundamental de gestión para las organizaciones ocupando un nivel importante en ellas; los cambios tecnológicos día tras día y la alta competencia, tienen efectos que obligan a estandarizar los procesos y equipos que se emplean (Rodríguez, 2018). Como lo afirma Tunaroz et al (2015) “En la época globalizada y competitiva que se vive en la actualidad, el mantenimiento de equipos en la industria se ha convertido en una herramienta de mucha importancia, no solo en el área de su desarrollo natural, sino, también, es vital para la mejora de otras áreas, como la de producción”.

En Colombia se ha detectado entre otros factores que inciden en la gestión del mantenimiento, la necesidad de tecnificación de los directivos de las empresas, la escasa capacitación y formación del talento humano en conocimientos especializados de los equipos y máquinas y la limitación de recursos para optimizar el proceso. Como resultado de la gestión se han incrementado las inversiones en tecnologías que ofrecen un mayor control de las actividades de mantenimiento en procura de mejorar la disponibilidad de los activos de las organizaciones y el mejoramiento en la ejecución de actividades y procesos (Urrego, 2017).

Sin lugar a duda como lo mencionan Ortiz, Rodríguez e Izquierdo (2013) a medida que a los procesos productivos se les ha exigido mayor eficacia y calidad, la necesidad de optimizar la función mantenimiento ha ocasionado que se valore el impacto real de la misma desde el punto de vista del valor que puede aportar para las empresas.

En la tabla 2, se observa cuál ha sido la evaluación de la gestión del mantenimiento:

Tabla 2- 1 Tipos de mantenimiento

PERIODO	TIPO DE MANTENIMIENTO
Primera Generación 1030-1950	Gestión del Mantenimiento hacia la Máquina
Segunda Generación 1950-1960	Gestión del Mantenimiento hacia la Productividad
Tercera Generación 1960-1980	Gestión del Mantenimiento hacia la Producción
Cuarta Generación 1980-1999	Gestión del Mantenimiento hacia la Competitividad
Quinta Generación 2000 en adelante	Gestión del Mantenimiento hacia la organización e Innovación Tecnológica (Terotecnología)

Fuente: Tipos de mantenimientos Rodriguez(2013).

## 2.2 Tipos de Mantenimiento

A continuación, se describen algunos tipos de mantenimiento para activos físicos.

### 2.2.1 *Mantenimiento Correctivo*

Se refiere a “la corrección de fallas cuando se presentan sin planificación alguna, en este tipo de mantenimiento no existe un diagnóstico fiable de la causa del daño y su reparación depende del recurso disponible en el momento" (García, 2010, p. 25), se estima que consume el 80% del total de tiempo disponible a diario. En este caso cuando se aplica este tipo de mantenimiento se debe principalmente a la urgencia y necesidad de volver a poner en funcionamiento el equipo por su criticidad, lo cual deja claro que este se presenta

por la ausencia de un mantenimiento predictivo y preventivo. Es aplicado por las pequeñas empresas y es la consecuencia del incremento en costos de repuestos, además se contabilizan los tiempos de parada y nueva puesta en operación (Urrego, 2017).

Los pasos a seguir en la eventualidad del mantenimiento correctivo son (Urrego, 2017):

- Identificar el problema y sus causas
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.

### ***2.2.2. Mantenimiento Preventivo***

Se puede definir como “un conjunto de tareas preventivas a intervalos fijos predeterminados durante la vida operativa del sistema analizado, destinadas a mejorar su confiabilidad” (Duarte, Serpa, Fuentefria, 2017). De acuerdo a Dounce (2014) mantenimiento preventivo es la actividad humana desarrollada en equipos e instalaciones con el fin de garantizar que la calidad del servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos.

Esto significa que se previene la condición o estado del equipo mediante el tiempo como referencia, lo que exige una alta inversión en infraestructura y mano de obra altamente especializada. Su origen radica en los aviones que en la segunda guerra mundial eran inspeccionados y a los cuales se les cambiaban ciertos elementos tomando en cuenta las horas de uso sin importar el estado actual al momento de realizada la revisión (García, 2010).

“El objetivo del mantenimiento preventivo prospera al anticipar la falla del equipo, mediante revisiones frecuentes que se programan en el tiempo de trabajo” (Urrego, 2017, p. 21), lo que implica revisar minuciosamente los parámetros de funcionamiento sustituyendo los elementos que están dentro del rango de vida útil o que presentan indicios de avería, reduciendo de esta forma las fallas graves que pudiesen presentarse en el futuro inmediato. “Es primordial llevar una anotación de los costos del equipo, motivo que permite tomar decisiones objetivas en futuras reparaciones e incluso la sustitución del activo” (Urrego, 2017).

Entre las tareas ejecutadas en virtud del mantenimiento preventivo están:

- Desmontaje
- Recuperación o Sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación.

### ***2.2.3 Mantenimiento Predictivo***

Este tipo de mantenimiento consiste en “realizar mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción” (Urrego, 2017, p. 21). Es un tipo de mantenimiento basado en la condición cuyo objetivo primordial es precisamente predecir la condición. Igualmente se puede afirmar que es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que

dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza (Rodríguez, 2018). Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo disminuir las paradas injustificadas de la maquinaria, minimizar los costos y en general, garantizar su perfecto funcionamiento.

Los tipos de mantenimiento predictivo usados en la industria son (García, 2010, p.23):

- Vigilancia de Máquinas: Indicar cuando existe un problema y si su condición es buena o mala e identificarla.

- Protección de máquinas: Evitar fallas ya que una máquina está protegida hasta que su condición se vea en peligro. La máquina debe detenerse automáticamente.

- Diagnóstico de fallas: Definir cuál es el problema específico y dar un pronóstico estimando cuanto tiempo más puede funcionar la máquina sin riesgo de daño.

Se debe tener en cuenta que para cada clase de mantenimiento predictivo se pueden utilizar varias técnicas a través de las cuales se puede realizar las actividades de verificación como lo son (García, 2010, p.25):

- Análisis de vibraciones: Mediante la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la causa de estas y su solución.

- Análisis de lubricantes: Este tipo de análisis se hace dependiendo de la necesidad ya sea inicial, rutinaria o de emergencia. En cada muestra se evalúa elementos de desgaste (hierro, plomo, cromo, entre otros), conteo de partículas y aditivos.

- Análisis por ultrasonido: Se define así por el rango de frecuencias en el que se encuentra el sonido emitido el cual es por encima de 20,000 Hertz (imperceptible para el

oído humano). Esto se debe a que las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen dichas frecuencias (ultrasonido) en el rango aproximado de 40 KHz

- Termografía: Con esta técnica se puede medir y visualizar a distancia temperaturas de superficie de diversos elementos y sistemas mediante la utilización de sensores infrarrojos

- Análisis por Árbol de Fallas: Técnica deductiva la cual se centra en un suceso denominado accidente. Sus resultados pueden ser cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos descomponiendo el problema sistemáticamente y cuantitativos con el uso de la probabilidad de falla de los elementos y componentes.

- Análisis FMECA (Modos de falla y efectos críticos): Se identifica áreas o ensambles que puedan dar lugar a fallas al definir la función de determinado componente y su modo de falla. Básicamente se evalúan tres aspectos; condición anticipada de operación y fallo más probable (evaluado de 1 a 10), el efecto de la falla en el rendimiento y la severidad del fallo.

#### ***2.2.4 Mantenimiento Productivo Total***

Su concepción de relaciona con el conjunto de técnicas que garantizan a las máquinas y organizaciones su continuo funcionamiento en un proceso de producción que consta de evolución para la mejora continua incluyendo a todas las partes de la organización (García, 2010). Sus objetivos fundamentales giran alrededor de la satisfacción del cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción. Se enfoca en el mantenimiento autónomo, el aprendizaje y la mejora continua.

De acuerdo a García (2010) los pilares del mantenimiento productivo total son:

- Mejoras enfocadas

- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento de la calidad
- Mantenimiento temprano
- Mantenimiento de las áreas administrativas
- Entrenamiento, educación, capacitación y crecimiento
- Seguridad, higiene y medio ambiente.

Este tipo de mantenimiento exige la práctica con perfil humano, haciendo coincidentes al mantenimiento y la utilización del talento humano, utilizando acciones de carácter correctivo, preventivo y modificativo en muchos de los casos.

### ***2.2.5 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM***

Es necesario recordar que en los inicios de la Revolución Industrial los encargados de las reparaciones eran los operarios de los equipos y que ello no produjo los resultados más prometedores. Para conocer los orígenes del mantenimiento centrado en confiabilidad debemos remitirnos a la industria de la aviación de inicios de los años 50 del siglo pasado en donde las aeronaves presentaban grandes y diversas fallas en la operación. Para ese tiempo el mantenimiento giraba en torno a la filosofía de causa y efecto (Rodríguez, 2018), la cual consistía en esperar a que un componente fallara para ser reemplazado, lo cual inevitablemente involucraba la pérdida de vidas humanas como consecuencia de los accidentes que se ocasionaban. Adicional a ello “no se tenía el control de las paradas por averías en componentes ni tiempo en reparaciones y cambios de refacciones” (Rodríguez, 2018, p. 11).

Como consecuencia de lo anterior se hizo necesario buscar la forma de ampliar la vida útil de los recursos físicos para lo cual Stanley Nowlan Director de Análisis de Mantenimiento y Howard Heap Gerente de Planeación del Programa de Mantenimiento, empleados de United Airlines abordaron un estudio de mantenimiento contratado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos a raíz del cual se formuló lo que hoy conocemos como RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance). El RCM según Maya (2018) es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

Este tipo de mantenimiento en sus inicios fue desarrollado para el sector de aviación, en donde se obtuvieron muy buenos los resultados en pro de la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue implementada en el sector militar para posteriormente trascender al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico (Maya, 2018).

“RCM por sus siglas en inglés es una metodología creada hace más de 30 años que ha demostrado su eficiencia en la tarea de optimizar el mantenimiento preventivo, con el fin de disminuir costos de mantenimiento, aumentando la confiabilidad y la seguridad de los equipos” (Martínez, 2014, p. 21). Esta clase de mantenimiento consta de dos etapas (Vatn (2008) citado por Martínez (2014, p.21):

- Análisis inductivo de los fallos potenciales, en el cual típicamente se utiliza una variante del modo de fallo, efectos y análisis de criticidad, para determinar los componentes críticos del sistema.

- Aplicación de los diagramas de decisión lógica llamada lógica de RCM, para especificar las categorías adecuadas del mantenimiento preventivo.

“El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es un proceso sistemático utilizado para asegurar que cualquier equipo es capaz de satisfacer continuamente las funciones para la cual fue diseñado, operando en el contexto donde se encuentra instalado” (Martínez, 2014, p. 29). Constituye un enfoque sistemático para desarrollar un plan de mantenimiento rutinario efectivo elaborado para otorgar altos niveles de confiabilidad a los menores costos posibles. Como lo afirma Maya (2018) el proceso RCM consiste en pasos predefinidos, completados en un orden lógico, en acuerdo con reglas específicas.

Según Martínez (2014) se hace necesario realizar un análisis de los modos de falla y establecer sus causas para desplegar un mantenimiento preventivo que tome en consideración los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las funciones del sistema y los estándares de funcionamiento asociados al equipo en su contexto operacional?
- ¿Cómo puede el sistema no cumplir estas funciones?
- ¿Qué puede causar una falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce una falla?
- ¿Cuál puede ser la consecuencia, cuando se produce la falla?
- ¿Qué se puede hacer para detectar y prevenir la falla?
- ¿Qué se debe hacer cuando una tarea preventiva no se puede encontrar?

Es importante señalar que es a través del programa preventivo que se logran detectar fallas incipientes y corregirlas antes de que ocurran o causen mayores efectos, igualmente busca reducir la probabilidad de falla (Martínez, 2014). El mantenimiento como tal es un instrumento que ayuda a garantizar la confiabilidad de los componentes y los equipos, de manera que si se hace en pocas oportunidades puede originar fallas costosas, incremento de los tiempos de reparación y por consiguiente una mala prestación

del servicio al cliente o usuario. Al contrario, si este se realiza con alta frecuencia la confiabilidad puede aumentar sin embargo el costo y la consecuente utilización de recursos se incrementan de manera significativa, de manera que debe buscarse un sistema que brinde equilibrio en ambos casos. A sí las cosas la implementación de estas estrategias pretende disminuir el número de las interrupciones del servicio y las consecuencias que estas puedan originar, al tomar en cuenta elementos adicionales a las frecuencias y tareas de mantenimiento como lo son, aumento de la capacidad del sistema, redundancias o adquiriendo equipos más confiables. (Martínez, 2014).

El enfoque del RCM dado por las organizaciones, está enfocado en la evaluación periódica de la condición y de los resultados de la experiencia del personal de mantenimiento y no siempre se basa en la condición, sino que considera otras características como la investigación de los modos de falla, análisis de efectos y la priorización de las funciones (Martínez, 2014). “Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la cantidad del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir los costos de mantenimiento” (Maya, 2018, p. 21).

### **2.3 Confiabilidad**

De acuerdo a Maya (2018) la confiabilidad es la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función sin fallar en las condiciones operativas especificadas durante un intervalo de tiempo dado. De esta forma se relaciona el tiempo de falla de los equipos tomando en consideración aspectos como condiciones de funcionamiento, fabricantes, condiciones ambientales, entre otros. El tiempo de falla se deduce de los datos históricos o mediante pruebas periódicas a los equipos de manera que

se obtiene una función de distribución de falla  $F(t)$  como: La confiabilidad es el inverso probabilístico de la función  $F(t)$ :  $R(t) = 1 - F(t)$ .

## **2.4 Disponibilidad**

Se puede definir como “la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función en las condiciones operativas especificadas en un instante de tiempo dado” (Maya, 2018, p. 10). Se representa como  $\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas Parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$ .

## **2.5 Mantenibilidad**

“Se define como la duración y el esfuerzo que hace el equipo de mantenimiento, para restablecer la función principal de un equipo cuando está en falla” (Maya, 2018, p. 10).

## **2.6 Fases para Implementar RCM**

### ***2.6.1 Fase 0 Listado de Equipos***

Se deben listar los equipos de planta para establecer el inventario

### ***2.6.2 Fase 1 Listado de Funciones y Especializaciones***

Se detallan todas las funciones que hacen parte del sistema objeto de estudio intentando cuantificarlas obteniendo tres tipos de funciones:

- Las funciones del sistema en su conjunto
- Las funciones de cada uno de los subsistemas que lo componen
- Las funciones de cada uno de los equipos significativos de cada subsistema.

### ***2.6.3 Fase 2 Determinación de Fallos Funcionales y Técnicos***

Un fallo es la incapacidad de un ítem para cumplir alguna de sus funciones de forma que se definirá como fallo funcional aquel fallo que impide al sistema en su conjunto cumplir su función principal y fallo técnico aquel que, no impidiendo al sistema cumplir su función principal, supone un funcionamiento anormal de una parte de éste, teniendo como consecuencia una degradación acelerada del equipo y acabar convirtiéndose en fallos funcionales del sistema. (Maya, 2018).

### ***2.6.4 Fase 3 Determinación de los Modos de Fallo***

Se podría definir ‘modo de fallo’ como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto de forma que cada fallo funcional o técnico tiene la probabilidad de presentar diversos modos de fallo, los cuales a su vez pueden tener varias causas hasta identificar las que se consideran causas raíces, dependiendo del grado de profundidad del estudio de estos (Maya, 2018).

### ***2.6.5 Fase 4 Análisis de la Gravedad de los Fallos (Criticidad)***

Una vez identificados los modos de fallo se procede a determinar los efectos de cada modo de fallo y, una vez determinados, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias partiendo de la formulación de la pregunta ¿qué pasa si ocurre? Facilitando identificar las consecuencias para la seguridad, el medio ambiente, para la producción y el mantenimiento. Aquí se tienen tres tipos de fallos, crítico, importante y tolerable, donde se considera crítico si existe la posibilidad de que pueda ocurrir y producir un grave accidente ya sea para la seguridad de las personas o del medio ambiente. “El fallo será importante si, aunque las consecuencias para la seguridad y el medioambiente fueran graves, la

probabilidad de que ocurra el fallo es baja. Por último, se tomará el fallo como tolerable si tiene poca influencia en estos dos aspectos” (Maya, 2018, p. 23).

Como referencia el impacto en la producción el fallo es crítico si incluye una parada de planta, una disminución de la productividad o capacidad productiva existiendo la posibilidad de que este ocurra. “Si la posibilidad es muy baja, aunque pueda suponer una parada o afecte a la potencia o al rendimiento, el fallo debe ser considerado como importante. Y por último, el fallo será tolerable si no afecta a la producción, por lo que esto se puede considerar de una manera despreciable” (Maya, 2018, p. 23).

#### ***2.6.6 Fase 5 Determinación de Medidas Preventivas***

Paso seguido se establecen las medidas preventivas que permitan o evitar el fallo o minimizar sus consecuencias constituyéndose en uno de los ejes principales del estudio RCM, las cuales pueden relacionarse con tareas de mantenimiento, mejoras, formación del personal, modificación de instrucciones de operación y modificación de instrucciones de mantenimiento. De esta manera se plantearán un conjunto de tareas de mantenimiento que evitarán los fallos adicionales a una lista de procedimientos de operación necesarios.

#### ***2.6.7 Fase 6 Agrupación de las Medidas Preventivas***

Se procede a agrupar las medidas preventivas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación, procedimientos de mantenimiento y formación) para facilitar su aplicación como lo afirma Maya (2018):

- Plan de Mantenimiento. Era inicialmente el principal objetivo buscado. El plan de mantenimiento lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos.

- Lista de mejoras técnicas a implementar. Tras el estudio, se tendrá una lista de mejoras y modificaciones que es conveniente realizar en la instalación.
- Actividades de formación. Estarán divididas normalmente en formación para personal de mantenimiento y formación para personal de operación.
- Lista de Procedimientos de operación y mantenimiento a modificar. Se generará una lista de procedimientos a elaborar o a modificar, que tienen como objetivo evitar fallos o minimizar sus efectos. Como ya se ha comentado, habrá un tipo especial de procedimientos, que serán los que hagan referencia a medidas provisionales en caso de fallo.

#### ***2.6.8 Fase 7 Puesta en Marcha de las Medidas Preventivas Planteadas***

Esta fase incluye las siguientes actividades (Maya, 2018):

- Implementación de mejoras técnicas
- Puesta en marcha de las acciones formativas
- Puesta en marcha de cambios en procedimientos de operación y mantenimiento

En las anteriores actividades se deberá exponer y calcular los beneficios que se obtienen de la implementación de cada una de ellas presupuestándolas de manera adecuada, coadyuvando en asegurar la implementación efectiva de los cambios propuestos en los procedimientos.

### **Capítulo III. Diseño Metodológico**

Para la investigación propuesta se recurrirá a la utilización del método analítico, de tipo descriptivo y un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), mediante los cuales se tratarán los diferentes elementos del tema de investigación facilitando el cumplimiento de los objetivos propuestos para el presente estudio que se rige en la norma SAE JA1011.

La investigación propuesta define un alcance descriptivo ya que “estos diseños están hechos para describir con mayor precisión y fidelidad posible, una realidad empresarial o un mercado internacional o local, en sí una situación particular” (Vara, 2012, p. 208), en su mayoría son de carácter cuantitativo, se centran en la amplitud y precisión que en la profundidad. Utilizan métodos y técnicas estadísticas tanto para la recolección como para el análisis de datos, y como afirma (Hernández, “et al”, 2014). Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (p. 92).

El enfoque es mixto en la medida que se recurrirá a información de carácter cualitativo y cuantitativo para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación, ya que como lo afirma Vara (2012) lo adecuado es siempre tener un sano equilibrio entre tipos de diseños (cualitativos y cuantitativo). Hernández, “et al” (2014) en relación con el enfoque mixto afirman que “representa el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo. Ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o al menos en la mayoría de sus etapas”. (p. 104). De igual forma “El postulado central de los métodos mixtos radica en la retroalimentación de los métodos cualitativos y cuantitativos dentro de una perspectiva metodológica única y coherente, que

permitiría un nivel de comprensión del objeto investigativo (y, por ende, de los resultados) más cercana a la complejidad de fenómeno” (Moss, 1996).

### **3.1 Técnicas de Investigación**

Las técnicas de investigación utilizadas serán el análisis documental (revisión de investigaciones de tesis en repositorios, bases de datos, portales de artículos académicos y revistas especializadas, así como consulta de los datos e información suministrados por la empresa en especial los relacionados con tipo, cantidad y frecuencia de fallas por vehículos, costos de las reparaciones de las fallas de los vehículos, y periodos de no disponibilidad de los vehículos por concepto de paradas por refacción de fallas presentadas, en otras palabras horas de paradas, tipos de fallas, históricos de fallas, cantidad de kilos transportados en 2021, horas de funcionamiento de los equipos. Además, incluye la información obtenida por la revisión bibliográfica.), la observación directa al parque automotor de la empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S. y la entrevista de carácter no estructurado a colaboradores de la empresa modelo del estudio para recaudar, contrastar, verificar y validar información pertinente para el trabajo investigativo, que faciliten la consecución de los objetivos específicos, y por ende el general del estudio.

### **3.2 Técnicas de Análisis**

#### ***3.2.1 Diagrama de Flujo***

Los datos obtenidos para la realización del mismo serán obtenidos mediante la observación directa y entrevistas no estructuradas a los operadores de los camiones.

### **3.2.2 *Árbol Lógico de Decisión***

Es una técnica que permitirá determinar cuáles tareas de mantenimiento deberán ser ejecutadas para evitar o reducir las consecuencias de cada uno de los modos de fallos en los vehículos de la empresa.

## **3.3 Fases Metodológicas**

### **3.3.1 *Preanálisis del Mantenimiento***

Para la elaboración del plan del R.C.M, se establecerá el diseño de la propuesta. La recolección de información se realizará con la ayuda de los manuales de los equipos, la experiencia de los operarios y el personal de mantenimiento. También se obtendrán de los registros de históricos de fallas y órdenes de trabajo. Con el de registrar los modos de falla y efectos.

### **3.3.2 *Análisis de Criticidad***

En esta fase según su criticidad, se analizan los componentes que conforman los vehículos de la empresa, los criterios a evaluar son:

- Frecuencia de fallas
- Costo de mantenimiento

Una vez definidos estos factores se determinarán las consecuencias de las fallas. Estos valores servirán para estimar el factor de riesgo de los vehículos y determinar la criticidad de cada componente que presente falla en el vehículo.

### **3.3.2 *Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) de los Vehículos***

Esta fase es la principal y más importante de la metodología del R.C.M, se identificarán los modos y efectos de falla asociados a los vehículos, es necesario conocer

la probabilidad, frecuencia y criticidad de cada falla, de esta manera se podrá determinar cuáles son las fallas más comunes.

La selección de las tareas se realizará por una persona externa o contratista.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La flota de transporte de la Empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S. está constituida por 6 vehículos de carga pesada.

#### **3.4.2 Muestra**

Se tendrá como muestra para desarrollar la propuesta un (3) vehículos de carga pesada marca JAC modelo 2017 de la flota de la empresa Arancel Servicios Logísticos y Financieros S.A.S.

#### **3.4.3 Muestreo**

Intencional – No Probabilístico (Es decir, se selecciona una empresa con maquinaria pesada en condiciones críticas con respecto a la frecuencia de fallas).

## **Capítulo IV. Diagnóstico y propuesta del mantenimiento RCM**

### **4.1 Diagnóstico Sobre la flota de camiones JAC**

El diagnóstico realizado, se dejó evidencia fotográfica en el Anexo. Diagnostico realizados a los tres camiones JAC.

#### ***4.1.1. Diagnostico JAC – THP 663***

En el camión JAC THP 663, se encontró las siguientes fallas:

- Líquido de embrague.
- Líquido refrigerante.
- Bomba de inyección.
- Sistema de dirección.
- Suspensión delantera.
- Manguera de dirección hidráulica.
- 

#### ***4.1.2 Diagnostico JAC – THR509***

En el camión JAC THR509, se encontró las siguientes fallas:

- Filtro racor de combustible.
- Filtro de combustible.
- Cambio de filtro de aire.
- Sistema de escape.
- Filtro de aceite.

### 4.1.3 Diagnóstico JAC – THQ332

En el camión JAC THQ332, se encontró las siguientes fallas:

- Cambiar kit de embrague.
- Filtro de Acpm en la trampa.
- Ruidos en el Motor.
- Desgaste en la prensa del embrague.
- Falta de lubricación en crucetas y cardán.

Los tres diagnósticos, fueron llevados a cotizarse en los talleres de confianza, ya que se debía obtener un taller que ofreciera garantía de los servicios prestados.

Con las anteriores fallas existentes, se define un grupo de fallas funcionales que son desglosadas en el modo de fallas y efectos de falla.

## 4.2 Costos

Para determinar los costos, se programó una parada temporal de los camiones, uno tras otro, ya que no pueden dejar de prestar su servicio, se realizó la inspección en un tiempo de 2 meses, ya que durante ese tiempo la empresa tenía programado revisar los camiones. Durante el mantenimiento que gestiona la empresa, se cotizo otros servicios para unas fallas a futuro, de los cuales se tiene la siguiente tabla 4-1 costos cotizados:

Tabla 4 - 1 Costos de mantenimiento

FUNCIÓN	ITEM DE FALLA	FALLA FUNCIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO
MOTOR	1	Aceite de motor	500.000
	2	Filtro de aceite de motor	130.000

	3	Fuga de aceite y contaminación del motor	350.000
	4	Filtro RACOR combustible	120.000
	5	Filtro de combustible	100.000
	6	Velocidad de marcha mínima	250.000
	7	Fugas varias en el motor	460.000
SISTEMA DE ENCENDIDO	1	Bujías autos	180.000
	2	Cables de bujías autos	80.000
	3	Limpieza inyectores-Diesel	140.000
	4	Revisión de presión de inyección Diesel	260.000
	5	Bomba de inyección	4.000.000
SISTEMA DE SALIDA Y ENTRADA DE GASES	1	Sistema de escape	80.000
	2	Obstrucción y daño de mangueras	120.000
	3	Holgura de válvulas	300.000
	4	Cambio de Filtro de Aire	30.000
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1	Calibración de embrague	200.000
	2	Holgura de mecanismo de cambios	120.000
	3	Desgaste de crucetas de cardán	150.000
	4	Mangueras de dirección hidráulica	50.000
	5	Sistema de Dirección	280.000
	6	Lubricación puntas de eje	80.000
	7	Lubricación ejes conectores	80.000
	8	Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos	320.000
	9	Coronas y Caja de Cambios	9.000.000
	10	Líquido de dirección hidráulica	40.000

	11	Conexiones sueltas o daño en tubos	80.000
	12	Daño en la suspensión en general	400.000
	13	Fuga de aceite en los amortiguadores	160.000
SISTEMA ELECTRICO	1	Diagnóstico Electrónico	80.000
	2	Líquido de batería	30.000
	3	Revisión del Sistema Eléctrico	200.000
SISTEMA DE FRENOS	1	Líquido de frenos	60.000
	2	Desgaste de frenos zapatas y pastillas	280.000
	3	Líquido refrigerante	80.000
	4	Líquido de embrague	50.000
	5	Desgaste en neumáticos	220.000
COSTO DE LAS FALLAS			19.060.000

Fuente: Elaboración del autor.

#### 4.2 Propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM

El mantenimiento RCM según el autor Jesús Sifonte, aunque desde su historia en aplicaciones en la industria ha tenido sus por menores como sus éxitos, una de las principales áreas de aplicación fue la aviación, de donde parte que Los profesionales de mantenimiento y confiabilidad no pudieron encontrar una relación clara entre las horas de tareas programadas y la confiabilidad de los equipos (Sifonte, 2017). Para algunos mantenedores experimentaron que aplicar menos horas de tareas programadas a intervalos de tiempo más largos, dio como resultado una mayor confiabilidad.

Para este trabajo, aplicado a los vehículos YAC, se debe considerar cumplir con la normatividad SAE JA1011 del agosto de 2009, en donde se establece los criterios que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado “RCM”(SAE JA 1011, 2009).

Se hace la toma de evidencias de las licencias de tránsito de los tres camiones JAC.

**Ver anexo. Licencias de tránsito.**

### 4.3 Preguntas de aplicación al R.C.M

Para ello se establece las siguientes preguntas para establecer el RCM según la norma SAE JA 1011:

- a.¿ Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente(funciones)?
- b.¿ De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- c.¿ Qué causa cada falla funcional(modos de falla)?
- d.¿ Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- e.¿ De qué manera afecta cada falla(consecuencias de falla)?
- f.¿ Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (¿tareas proactivas e intervalos de tareas?
- g.¿ Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

### 4.4 Uno. Funciones de los Vehículos de transporte

Vehículos de carga entre los 3400 kilogramos hasta los 4800 kilogramos

Desglosados así:

JAC – THP 663, Carga de 4800 kg

JAC – THR509, Carga de 3980 kg

JAC – THQ332, Carga de 3440 kg

Los vehículos son usados para el transporte de mercancía a nivel nacional, en el cual tiene recorridos de más de 300 kilómetros por día. De los vehículos JAC todos se consideran importantes y ninguno se considera como reemplazo en el caso que alguno falle.

Las funciones estas dadas por:

Función por motor: . Generalmente, este se caracteriza por ser el poder detrás de todo tipo de vehículo pesado No obstante, es capaz de generar mucha más potencia, lo que ayuda a que la maquinaria funcione de una manera más eficiente y sutilmente diferente (Fuso, 2021).

Función por sistema de encendido: El principal funcionamiento del sistema de encendido del motor se basa en la producción de una chispa que se realiza en las bujías que tienen la función de distribuirla por los diferentes cilindros del motor con su respectivo orden de funcionamiento en el motor y la relación que hay con los demás componentes, ya que el motor no va a encender pues no va a tener la suficiente fuerza para iniciar su movimiento y otras piezas que hacen parte del sistema no podrán realizar su función (SEO150, 2022).

Función por sistema de salida y entrada de gases: Permite el control de gases de escape en los motores diésel se dividen en dos tipos: los que se implementan directamente en el motor y los sistemas postratamiento, ubicados directamente en el sistema de escape(Donado, 2020).

Función por sistema de transmisión: Permite transmitir una potencia eficiente y confortable del motor a la transmisión, mientras se reduce el consumo de combustible, así como las emisiones de CO2 al medio ambiente(Valeo, 2022).

Función por sistema eléctrico: Si el sistema eléctrico de nuestro camión no funciona bien, se compromete otros sistemas aumentando el riesgo de accidentes o el deterioro de la carga cuando esta depende del sistema eléctrico. También se incrementa los costos de mantenimiento (Rueda, 2021).

Función por sistema de frenos: es el sistema de frenado convencional se activa cada vez que se oprime el pedal de freno del camión. Al oprimir el pedal, el aire pasa

desde las válvulas del mismo hacia las cámaras de freno que a su vez, empujan a los reguladores de frenos. Éstos pueden ser manuales en los casos en los que requieren un ajuste manual, o automáticos, regulando los frenos de manera autónoma. Dichos reguladores empujan las zapatas de freno en los tambores, las cuales activan la detención de las ruedas(Spain, 2021).

#### 4.5 Dos. Falla funcional

La falla funcional es la incapacidad de que una un equipo o sistema puede ejercer su función, y este pueda detener otro equipo o sistema de un conjunto en general.

Como la falla puede ser vista desde la parte operativa diferente al criterio de los técnicos que realizan el mantenimiento, estas fallas se han planteado en la tabla 4-2 en los siguientes conjuntos:

Tabla 4-2 fallas funcionales

<b>FUNCION</b>	<b>ITEM DE FALLA</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>
<b>MOTOR</b>	1	Aceite de motor
	2	Filtro de aceite de motor
	3	Fuga de aceite y contaminación del motor
	4	Filtro RACOR combustible
	5	Filtro de combustible
	6	Velocidad de marcha mínima
	7	Fugas varias en el motor
<b>SISTEMA DE ENCENDIDO</b>	1	Bujías de precalentamiento
	2	Limpieza inyectores-Diesel
	3	Revisión de presión de inyección Diesel
	4	Bomba de inyección
<b>SISTEMA DE SALIDA Y ENTRADA DE GASES</b>	1	Sistema de escape
	2	Obstrucción y daño de mangueras
	3	Holgura de válvulas
	4	Cambio de Filtro de Aire
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>	1	Calibración de embrague
	2	Holgura de mecanismo de cambios

	3	Desgaste de crucetas de cardán
	4	Mangueras de dirección hidráulica
	5	Sistema de Dirección
	6	Lubricación puntas de eje
	7	Lubricación ejes conectores
	8	Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos
	9	Coronas y Caja de Cambios
	10	Líquido de dirección hidráulica
	11	Conexiones sueltas o daño en tubos
	12	Daño en la suspensión en general
	13	Fuga de aceite en los amortiguadores
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	1	Diagnóstico Electrónico
	2	Líquido de batería
	3	Revisión del Sistema Eléctrico
<b>SISTEMA DE FRENOS</b>	1	Líquido de frenos
	2	Desgaste de frenos zapatas y pastillas
	3	Líquido refrigerante
	4	Líquido de embrague
	5	Desgaste en neumáticos

Fuente: Elaboración del autor.

#### 4.6 Tres. Modo de falla

Como ya se identificó la falla en las revisiones que se hizo con las visitas a diferentes talleres, y personal que ha tratado con los vehículos JAC, y una revisión de los historiales de cada vehículo, se definió los modos de fallas para los tres camiones, el cual responden a la pregunta ¿cuál es la causa de la falla?

Se desarrolló las posibles razones o causas, en donde esta causa fue aceptada por el taller y por el dueño de los camiones, identificándose por las fallas funcionales. Dicha descripción se encuentra en el **anexo. Modos de falla y efectos de falla**

#### 4.7 Cuatro. Efectos de la falla

Para este tipo de efectos que ocasiona, el modo de falla se sintético como efecto de falla por cada modo de falla que se encuentra en el **anexo 1. Modos de falla y efectos de falla.**

#### **4.8 Cinco. Consecuencia de la falla.**

Como ya se tiene definidos los puntos del uno al cuatro, en el ítem se define su consecuencia. Ahora el RCM clasifica las consecuencias de fallas en cuatro grupos, que determinan cada falla y como se relaciona según su importancia (Reabilityweb, 2016), para ello se define cuatro fallas :

1. Falla con consecuencias ocultas: No tiene impacto directo, pero puede derivar en falla múltiple seria y a veces catastróficas. La mayoría está asociada a dispositivos de seguridad.

2. Falla con consecuencias sobre seguridad y medio ambiente.

Seguridad: puede matar o herir personas.

Medio ambiente: contamina.

3. Falla con consecuencias operativas.

Afectan: La producción, La calidad, El servicio al cliente, Los costos operativos.

4. Fallas sin consecuencias operativas.

Son fallas no ocultas que no afectan la seguridad, ni el medio ambiente ni la operatividad.

Su única consecuencia es generar costos directos de reparación.

Ahora desde otro punto de vista, según el autor Jorge Medina (Medina, 2016), estas cuatro fallas se pueden considerar de la siguiente manera:

Fallas ocultas o no evidentes: Las fallas ocultas o no evidentes no muestran un impacto inmediato en factores como la producción, o el funcionamiento primario del activo, son denominadas así porque el operador o el personal productivo no advierte que la falla ha sucedido y está presente.

Falla con consecuencias sobre seguridad y medio ambiente: este tópico se trata como un tipo de pregunta, ¿En caso de que la falla tuviera lugar podría herir o matar a

alguna persona o violar alguna reglamentación relativa al medio ambiente? en el caso de que la respuesta sea afirmativa, lo siguiente es determinar si la falla se presentaría de forma súbita o gradual.

Falla con consecuencias operativas: La gran mayoría de las fallas pertenece a este rubro, las consecuencias operacionales se refieren a las afectaciones en la cantidad de producción, calidad, servicio o costos, los costos de reparación no se consideran como operacionales.

Fallas sin consecuencias operativas: En el caso de las fallas cuyas consecuencias son no operacionales, no afecta la producción, la seguridad ni el medio ambiente, por lo que la consecuencia es solo el costo de la reparación, frecuentemente en este tipo de fallos, se aplica la estrategia correr hasta fallar, o “Run to failure”.

#### **4.9 Sexto. Prevención de la falla**

En este ítem, la empresa debe acudir al diagrama de decisión con la finalidad de tomar el nuevo mantenimiento con el fin de que su implementación tenga éxito. Diagrama de decisión R.C.M y hojas de información y decisión. Para ello se debe ubicar la falla según el diagrama:

Figura 4- 1 Diagrama de decisión parte una.

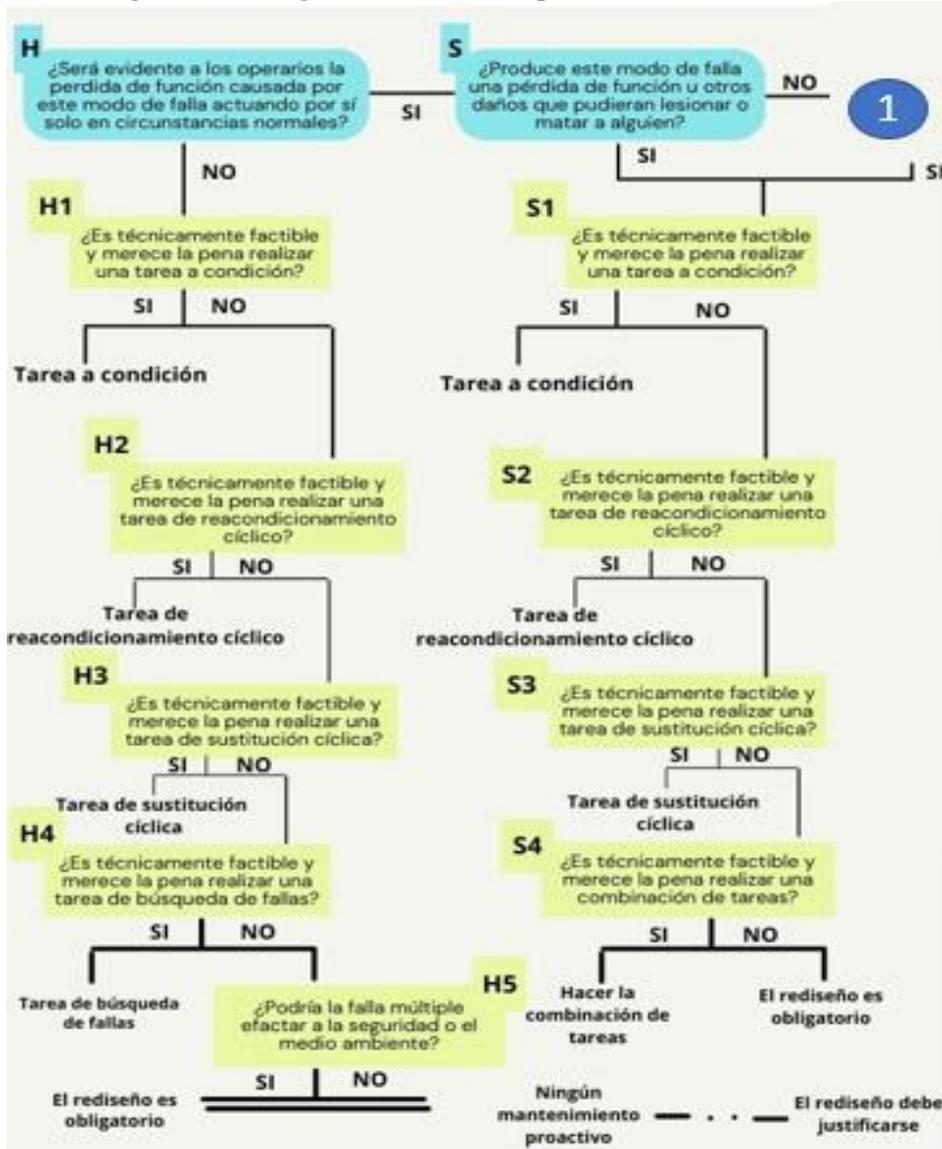
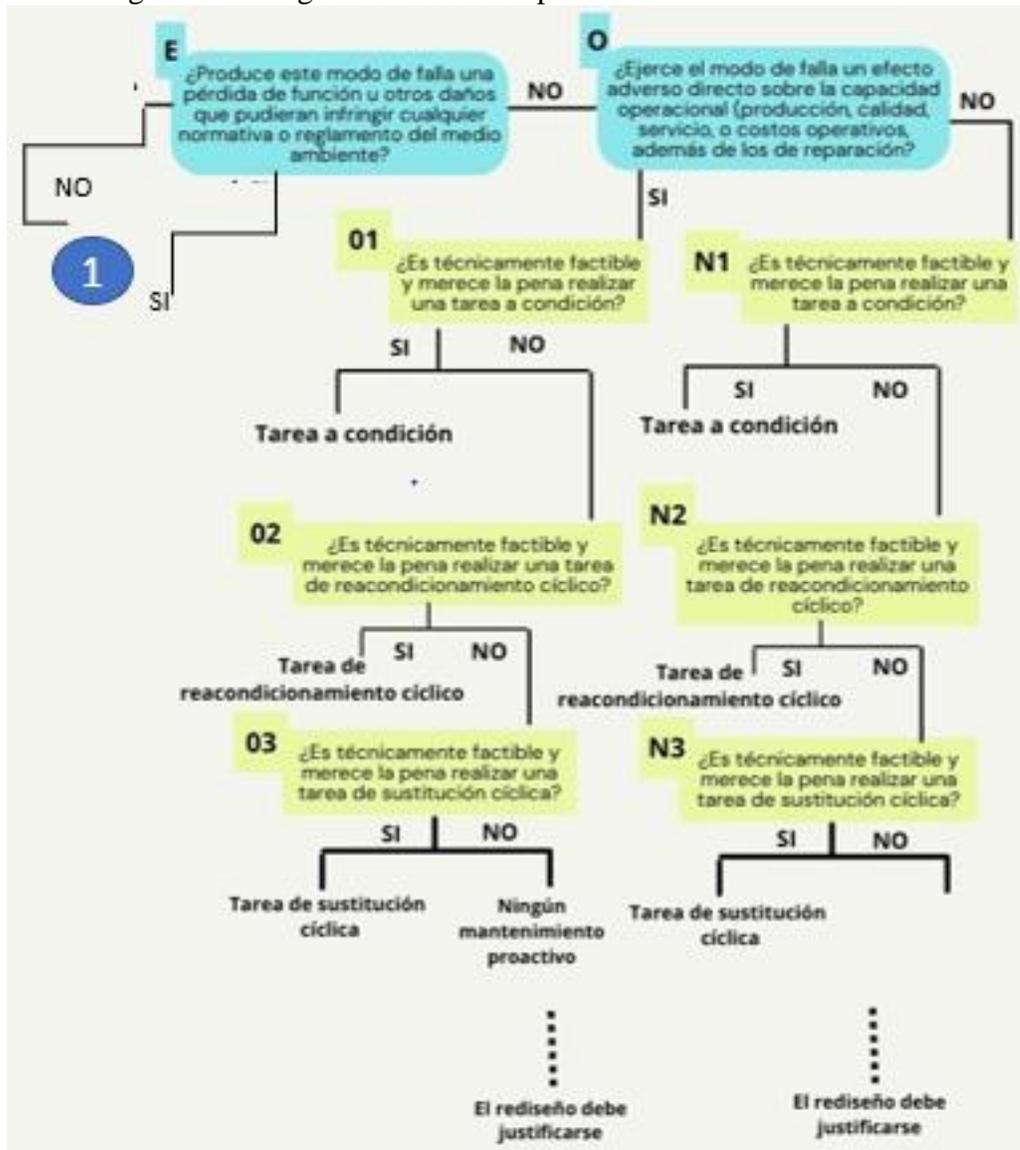


Figura 4- 2 Diagrama de decisión parte 2.



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama se compone de Columnas H,S,E y O: Modo de avería.

Las columnas (H1,H2,H3), ( S1,S2,S3), (E1,E2,E3): Son tareas preventivas que realiza la empresa y predictivas, para ello debe contar con alianza en algún taller en específico, para lograr estandarizar las actividades para los camiones ya que estas tareas se

han realizado a la falla total de la pieza, y el taller usado es el más cercano durante el recorrido.

Las columnas de información ( H4, H5, y S4) son tareas "a falta de".

Para ello se debe usar los siguientes formatos que están en los anexos 2. **Hoja de información**, dicha hoja registra según los que esta en los modos de falla , efectos de falla , adicional si existe algo nuevo se debe crear secuencia.

La hoja de decisión se debe marcar con un N si no aplica y una S si aplica. Esta hoja de decisión deja plasmado el registro de la actividad a gestionar por la empresa. anexo. **hoja de decisión**.

El diagrama de decisión se toma por parte del encargado de la empresa, y este procede a cotizar, y ubicar el taller de confianza para realizar el mantenimiento según sea el indicado y este acorde al plan preventivo de la tabla 4-4.

#### **4.10 Séptimo. Sin opciones de prevenir la falla.**

Este ítem, se emplea según el diagrama de decisión, con la finalidad de tres aspectos según la tarea " a falta de ". De Donde se define:

Buscar la falla: Se emplea a fallas ocultas, o elementos que tengan protección o no son observable ya que se requiere de desarmar alguna pieza.

Rediseño: Se puede modificar, rediseñar o cambiar alguna característica par que la pieza siga en función.

Tarea de rutina: Debe ejecutarse una actividad preoperacional que está ligada al manual del camión, o tarea que debe realizarse antes de operar el vehículo.

#### 4.11 Análisis de criticidad

Las decisiones a tomar deben partir de un análisis de criticidad en el cual se establece según el modo de falla y efectos de falla del anexo. Modos de fallas y efectos de falla.

Para la elaboración del modo de falla, se usó el procedimiento del sexto paso, de la norma SAE JA1011, en él se identifica la falla funcional, sus causas y efectos,

Dicha información se hizo, durante el tiempo en el cual los camiones JAC entraron en revisión y mantenimiento ya que, con la información suministrada por los talleres, consultas en libros y manuales, se logró consolidar un conjunto de posibles causas que se agregaron en el anexo en mención.

Para determinar las partes críticas de los camiones, se hizo una respectiva valoración según la matriz de criticidad de la tabla 4-3, para ello se parte según la norma SAE JA1011 de la siguiente manera:

Tabla 4- 3 Leyenda para identificar la criticidad

LEYENDA PARA IDENTIFICAR LA CRITICIDAD			
Pieza de reserva	E	Factor de redundancia	A
No hay reserva de pieza	F	Factor de seguridad del personal y medio ambiente	B
Sin consecuencia seguridad / ambiente	G	Factor de proceso	C
Efecto leve de seguridad/ ambiente	H	Factor de gasto en reparación	D
Efecto grave de seguridad/ ambiente	I	Factor de redundancia	20 %
No afecta el proceso	J	Factor de seguridad del personal y medio ambiente	30 %
Perdida de la pieza	K	Factor proceso	25 %
Perdida del proceso o avería en conjunto	L	Factor de gastos en reparación	25 %
La avería genera gasto menor a 3000.000 COP	M	0 A 2 0%: NO CRITICO, 21% A 50% SEMI CRITICO, 51% A 100% CRITICO	
La avería genera gasto menor a 10.000.000 COP	N		

La avería genera gasto menor a 15.000.000 COP	O	

Aplicado a los modos de falla se tiene como partes críticas las siguientes partes según la falla funcional de tabla 4-4:

Tabla 4-4 Matriz de criticidad

ARANCEL SERVICIOS LOGÍSTICOS Y FINANCIERON S.A.S.			A		B			C			D			CRITICIDAD
FUNCIÓN	ITEM DE FALLA	FALLA FUNCIONAL	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
			0	1	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1	
			0	20	0	15	30	0	12,50	25	0	12,50	25	
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	D
GENERALIZADAS	1	Aceite de motor	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	57,5
	5	Filtro de combustible	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	57,5
	2	Bujías de precalentamiento	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	80
	4	Cambio de Filtro de Aire	0	1	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	45
	6	Lubricación puntas de eje	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	75
	9	Coronas y Caja de Cambios	0	1	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	1	65
	3	Líquido refrigerante	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	55
	5	Desgaste en neumáticos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	55

Fuente: Elaboración del autor.

La tabla anterior, sale del anexo de la evaluación total de las fallas funcionales que se encuentran en el anexo. Matriz de criticidad.

## VI. Resultados de las investigación

### 6.1 Resultados del diagnóstico

Del diagnóstico realizado en los camiones JAC 663. JAC 509 y THQ 332.

Se evidencio que estos no poseen dentro de la empresa un registro histórico, y cada vehículo está por encima de los 100.000 km, por lo tanto, tiene un registro perdido que no fue captado sobre las fallas que presentaron los camiones.

Por lo tanto se afirma, que la empresa no llevaba un mantenimiento para los camiones, estos llegaban a su falla total y solo se ejercía el reemplazo de las piezas.

Además, el camión, con fallas y mantenimientos con arreglo de mayor costo, fue cotizado para el JAC – THQ332, ya que los ruidos del motor, se debían a desgaste y falta de lubricación, en donde dicha reparación si no se realizaba pronto podría verse afectada la empresa con un daño alrededor de los cinco millones.

### 6.2 Cotización de los mantenimientos a realizar

Para cada camión se hizo respectiva cotización, el cual esta descrito en la siguiente tabla según el valor del servicio:

Tabla 5- 2 Costos para los tres camiones.

FUNCIÓN	ITEM DE FALLA	FALLA FUNCIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	CAMIÓN		
				THP-663	THR-509	THQ-332
MOTOR	1	Aceite de motor	500.000	0	0	0
	2	Filtro de aceite de motor	130.000	0	0	130.000
	3	Fuga de aceite y contaminación del motor	350.000	0	0	0
	4	Filtro RACOR combustible	120.000	120.000	0	120.000

	5	Filtro de combustible	100.000	100.000	0	100.000
	6	Velocidad de marcha mínima	250.000	0	0	0
	7	Fugas varias en el motor	460.000	460.000	0	0
SISTEMA DE ENCENDIDO	1	Bujías autos	180.000	0	0	0
	2	Cables de bujías autos	80.000	0	0	0
	3	Limpieza inyectores-Diesel	140.000	0	0	0
	4	Revisión de presión de inyección Diesel	260.000	0	0	0
	5	Bomba de inyección	4.000.000	0	4.000.000	0
SISTEMA DE SALIDA Y ENTRADA DE GASES	1	Sistema de escape	80.000	0	0	80.000
	2	Obstrucción y daño de mangueras	120.000	0	0	0
	3	Holgura de válvulas	300.000	0	0	0
	4	Cambio de Filtro de Aire	30.000	0	0	0
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1	Calibración de embrague	200.000	200.000	0	0
	2	Holgura de mecanismo de cambios	120.000	0	0	0
	3	Desgaste de crucetas de cardán	150.000	150.000	0	0
	4	Mangueras de dirección hidráulica	50.000	0	50.000	0
	5	Sistema de Dirección	280.000	0	280.000	0
	6	Lubricación puntas de eje	80.000	0	0	0
	7	Lubricación ejes conectores	80.000	0	0	0
	8	Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos	320.000	0	0	0

	9	Coronas y Caja de Cambios	9.000.000	0	0	0
	10	Líquido de dirección hidráulica	40.000	0	0	0
	11	Conexiones sueltas o daño en tubos	80.000	0	0	0
	12	Daño en la suspensión en general	400.000	0	400.000	0
	13	Fuga de aceite en los amortiguadores	160.000	0	0	0
SISTEMA ELECTRICO	1	Diagnóstico Electrónico	80.000	0	0	0
	2	Líquido de batería	30.000	0	0	0
	3	Revisión del Sistema Eléctrico	200.000	0	0	0
SISTEMA DE FRENOS	1	Líquido de frenos	60.000	0	0	0
	2	Desgaste de frenos zapatas y pastillas	280.000	0	0	0
	3	Líquido refrigerante	80.000	0	80.000	0
	4	Líquido de embrague	50.000	0	50.000	0
	5	Desgaste en neumáticos	220.000	0	0	0
COSTO DE LAS FALLAS			19.060.000	1030000	4860000	430000

Los costos generados para el camión JAC THP- 663 son de 1'030.000, el camión JAC – THR509 con un costo de 486.000 , el camión JAC – THQ332 con un costo 430.000, los vehículos se evidencia que no se programó un orden o algún mantenimiento para prevenir las fallas, de donde está parada de vehículos genero un costo 1'946.000 pesos , sin contar que el próximo mantenimiento se acumula entre dos meses y entraran a una



	7	Fugas varias en el motor	-	-	-	-	-	-	-	T	-	-	-	T
SISTEMA DE ENCENDIDO	1	Bujías autos	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	
	2	Cables de bujías autos	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
	3	Limpieza inyectores-Diesel	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
	4	Revisión de presión de inyección Diesel	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	5	Bomba de inyección	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	
SISTEMA DE SALIDA Y ENTRADA DE GASES	1	Sistema de escape	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	
	2	Obstrucción y daño de mangueras	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	
	3	Holgura de válvulas	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	
	4	Cambio de Filtro de Aire	-	-	P	-	-	-	I	-	-	-	I	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1	Calibración de embrague	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	
	2	Holgura de mecanismo de cambios	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	
	3	Desgaste de crucetas de cardán	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	4	Mangueras de dirección hidráulica	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
	5	Sistema de Dirección	I	-	-	I	-	-	I	I	-	-	I	
	6	Lubricación puntas de eje	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	
	7	Lubricación ejes conectores	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	
	8	Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	
	9	Coronas y Caja de Cambios	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	
	10	Líquido de dirección hidráulica	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11	Conexiones sueltas o daño en tubos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	Daño en la suspensión en general	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13	Fuga de aceite en los amortiguadores	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISTEMA ELECTRICO	1	Diagnóstico Electrónico	-	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Líquido de batería	-	-	I	-	-	-	I	-	-	-	I	
	3	Revisión del Sistema Eléctrico	R	-	-	-	-	R	-	-	-	R	-	

SISTEMA DE FRENOS	1	Líquido de frenos	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	R
	2	Desgaste de frenos zapatas y pastillas	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	R
	3	Líquido refrigerante	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	4	Líquido de embrague	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	5	Desgaste en neumáticos	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I

Fuente: elaboración del autor.

El anterior plan de mantenimiento anualizado, está valorado desde los 95.000 km debido a que existe un camión que tiene un recorrido de 92.000 Km y los demás están en el rango previsto de la tabla. Por otra parte, se completa que este plan pueda extenderse ya que cuando hay temporada de transportar cargas de manera seguida o frecuencial los camiones pueden ejercer durante un año más de 100.000 km.

A continuación se presentan las conclusiones más relevantes obtenidas de la investigación.

## Conclusiones

1. A través del estudio se evidencia que, la empresa no realizaba registro de las fallas y sus causas a los camiones JAC. Se determinó que los vehículos sobrepasaban los 90 000 Km de recorrido, sin la existencia de registro histórico de mantenimientos, provocando costo elevados por reparación y mantenimiento por presentarse fallos totales de diferentes componentes que ocasionaban la inoperatividad del vehículo.
2. Luego del análisis de criticidad se concluye que la parte con mayor afectación encontrada en la flota de camiones JAC, corresponde al sistema de lubricación en los ejes con un valor de 75% de criticidad, la corona de caja de cambios con el 65%, los filtros de combustibles 57,5 %, filtros de aire 45%, líquidos refrigerante 55% y neumáticos están entre el rango de 55% de criticidad. Se evidenció también que existe falta de dominio por parte de los conductores de la información que brinda el panel o tablero principal.
3. Con la elaboración de la propuesta de un Plan de Mantenimiento RCM, se logra establecer tareas de mantenimiento preventivo anualizado que sirvan como medida para evitar o disminuir el riesgo de los modos de falla encontrados, incrementando la confiabilidad de los sistemas que presentaron mayor porcentaje de criticidad. Así mismo, por medio del plan de mantenimiento la empresa puede realizar un control más riguroso y anualizado por cada camión, diagnosticar nuevas fallas y sus respectivos efectos, contribuyendo a la organización, operatividad y fiabilidad de los diferentes sistemas, y al cuidado y preservación del medio ambiente.

## 7. Anexos

## Anexo. Licencias de tránsito.

PLACA		MARCA	LÍNEA	MODELO
THP663		JAC	HFC1061KN	2017
CILINDRADA CC		COLOR	SERVICIO	
3.760		NEGRO	PÚBLICO	
CLASE DE VEHÍCULO	TIPO CARROCERÍA	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD Kg/PSJ	
CAMION	ESTACAS	DIESEL	4800	
NÚMERO DE MOTOR	REG	VIN	REG	
89854689	N	LJ11KFBD9H8001531	N	
NÚMERO DE SERIE	REG	NÚMERO DE CHASIS	REG	
LJ11KFBD9H8001531	N	LJ11KFBD9H8001531	N	
PROPIETARIO: APELLIDO(S) Y NOMBRE(S)			IDENTIFICACIÓN	
AVILES VARGAS LUIS ALBERTO			C.C. 1075268521	

Escaneado con CamScanner

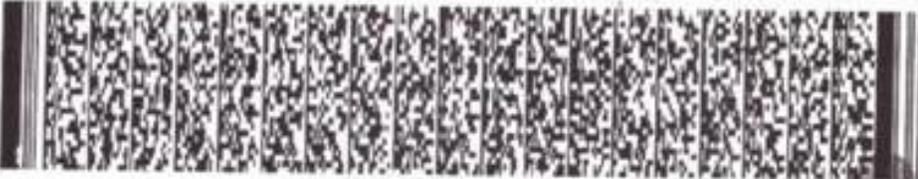
RESTRICCIÓN MOVILIDAD	BLINDAJE	POTENCIA HP	
	*****	155	
DECLARACION DE IMPORTACION	I/E	FECHA IMPORT.	PUERTAS
882016000094792	I	14/10/2016	2
LIMITACION A LA PROPIEDAD	*****		
FECHA MATRICULA	FECHA EXP. LIC. TTO.	FECHA VENCIMIENTO	
13/12/2016	12/11/2021	*****	
ORGANISMO DE TRÁNSITO			
STRIA INFR TTOYTTE MCPAL NEIVA			

LT02006810926

Escaneado con CamScanner

LIBERTAD Y ORDEN		REPÚBLICA DE COLOMBIA		MINISTERIO DE TRANSPORTE		MTP	
LICENCIA DE TRÁNSITO No.				10018968084			
PLACA	MARCA	LÍNEA	MODELO				
THQ332	JAC	HFC1042KN	2020				
CILINDRADA CC	COLOR	SERVICIO					
2.771	BLANCO	PÚBLICO					
CLASE DE VEHÍCULO	TIPO CARROCERÍA	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD Kg/PSJ				
CAMION	ESTACAS	DIESEL	3440				
NÚMERO DE MOTOR	REG	VIN	REG				
K4009454	N	LJ11KDBC8L1100984	LJ11KDBC8L1100984				
NÚMERO DE SERIE	REG	NÚMERO DE CHASIS	REG				
LJ11KDBC8L1100984	N	LJ11KDBC8L1100984	N				
PROPIETARIO: APELLIDO(S) Y NOMBRE(S)				IDENTIFICACIÓN			
POLANIA LIZCANO KELLY JOHANNA				C.C. 26430082			
RESTRICCIÓN MOVILIDAD	BLINDAJE	POTENCIA HP					
	*****	114					
DECLARACIÓN DE IMPORTACIÓN	VE	FECHA IMPORT.	PUERTAS				
352019000286862	I	26/06/2019	2				
LIMITACIÓN A LA PROPIEDAD							
<b>PRENDA - BANCO DE BOGOTA</b>							
FECHA MATRICULA	FECHA EXP. LIC. TTD.	FECHA VENCIMIENTO					
12/08/2019	12/08/2019	*****					
ORGANISMO DE TRÁNSITO							
STRIA INFR TTOYTTE MCPAL NEIVA							
							
							
LT01008143238							

LIBERTAD Y ORDEN		REPÚBLICA DE COLOMBIA		MINISTERIO DE TRANSPORTE		LICENCIA DE TRÁNSITO No.		10020640521	
PLACA	THR509	MARCA	JAC	LÍNEA	HFC1055K	MODELO	2014		
CILINDRADA CC	3.760	COLOR	ROJO	SERVICIO	PÚBLICO				
CLASE DE VEHÍCULO	CAMION	TIPO CARROCERÍA	ESTACAS	CONBUSTIBLE	DIESEL	CAPACIDAD Kg/PSJ	3980		
NÚMERO DE MOTOR	89093167	REG	N	VIN	LJ11KDBD3E8000102	REG	N		
NÚMERO DE SERIE	LJ11KDBD3E8000102	REG	N	NÚMERO DE CHASIS	LJ11KDBD3E8000102	REG	N		
PROPIETARIO: APELLIDO(S) Y NOMBRE(S)						IDENTIFICACIÓN			
POLANIA LIZCANO KELLY JOHANNA						C.C. 26430082			

RESTRICCIÓN MOVILIDAD	BLINDAJE	POTENCIA HP		
	*****	140		
DECLARACIÓN DE IMPORTACIÓN	VE	FECHA IMPORT.		PUEBTAS
192014000022106	I	22/02/2014		2
LIMITACIÓN A LA PROPIEDAD	*****			
FECHA MATRÍCULA	FECHA EXP. LIC. TTD.	FECHA VENCIMIENTO		
12/06/2014	12/06/2020	*****		
ORGANISMO DE TRÁNSITO				
UND MCPAL TTOYTTE PALERMO				
				
LT07000208776				

**Anexo. Diagnostico realizados a los tres camiones JAC**

<b>DIAGNOSTICO CAMIÓN 1</b>	
<b>CAMIÓN</b>	<b>JAC – THP 663</b>
<b>Líquido de embrague</b>	
<b>Líquido refrigerante</b>	

**Bomba de inyección.****Sistema de dirección**

**Suspensión delantera en mal estado**



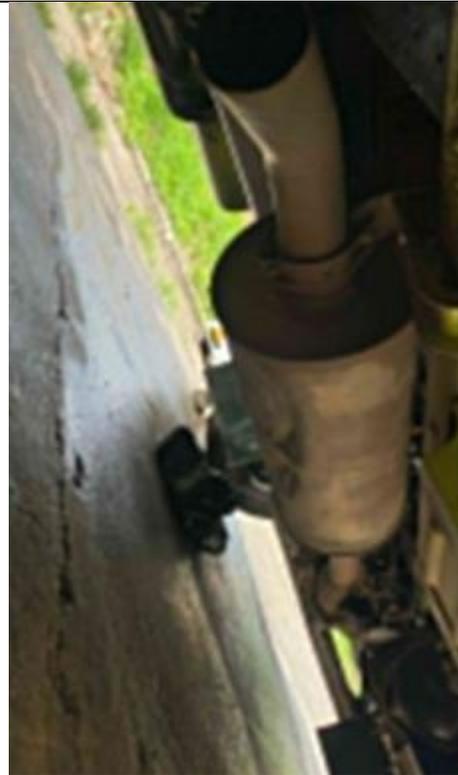
**Manguera de dirección hidráulica**



<b>DIAGNOSTICO CAMION 2</b>	
<b>CAMIÓN</b>	<b>JAC – THR509</b>
<b>Filtro racor de combustible</b>	 A photograph showing a person in blue jeans and a white shirt working on the fuel system of a truck. The person is kneeling on the ground, and the truck's fuel tank and associated components are visible. The background shows a grassy area and a paved surface.
<b>Filtro combustible</b>	 A close-up photograph of a fuel filter. The filter is a cylindrical metal component with various hoses and connections. It is mounted on a yellow-painted metal frame. The filter has a central opening and several side ports.

**Cambio filtro de aire****Sistema de escape**

**Sistema de escape**



**Filtro aceite**



<b>DIAGNOSTICO NUMERO 3</b>	
<b>CAMIÓN</b>	JAC – THQ332, Carga de 4800 kg
<b>Bajada de la caja de cambios para cambiar kit de embrague</b>	 A close-up photograph showing a person's hands working on the transmission area of a truck. A yellow container is visible in the background. The timestamp 13:54 is in the bottom right corner.
<b>Bajada de la caja de cambios para cambiar kit de embrague</b>	 A photograph showing a person kneeling next to a truck, working on the transmission area. The truck's license plate is THP-663. The timestamp 13:53 is in the bottom right corner.

**Filtro de acpm el de la trampa**



**Motor**



**Desgaste prensa embrague**



**Crucetas y cardán**



**Crucetas y cardán**



**Crucetas y cardán**



### **Anexo . Modos de fallas y efectos de falla.**

A continuación, se presenta los modos de fallas analizados para los tres camiones JAC.

Luego de cada modo de falla se da su efecto ( Ef):

#### A. Aceite de motor

1. Fuga de aceite: Ef: Paro motor.
2. A falta de aceite las piezas pierden su película protectora: Ef: Paro motor.
3. Rozamientos excesivos y alta de subida de temperaturas lo que provoca rotura o gripado del motor (lasexta, 2018). Ef: Paro motor.

#### B. Filtro de aceite de motor

1. Sellos rotos: Ef: Fugas de aceite.
2. Desgaste de tapón de drenaje de aceite (Kia, 2019). Ef: Fugas de aceite.

#### C. Contaminación del motor: Ef: paro del motor.

1. El aceite crea residuos con el tiempo, que son dañinos para la junta: Ef: paro del motor.
2. Avería en filtro de aire: Ef: Se convierte en material particulado que desgasta las camisas de pistón.

#### D. Filtro RACOR combustible

1. Ruido del motor: Ef: Sonidos extraños en el motor.
2. Dificultad de arranque. Ef: Sonidos extraños en el motor.
3. Problemas en el rendimiento y aceleración. Ef: Sonidos extraños en el motor.
4. Aumento de consumo de combustible. Ef. Combustible.

#### E. Filtro de combustible

1. Altas emisiones de CO<sub>2</sub>: Ef. Color oscuro de emisiones.
2. Se enciende la luz del motor. Ef. Color oscuro de emisiones.
3. Daños en la bomba de combustible (Pruebaturuta, 2021). Ef. Color oscuro de emisiones.

#### F. Velocidad de marcha mínima

1. Fugas de vacío: Ef: arranque del vehículo.
2. Bujías defectuosas: Ef: arranque del vehículo.
3. Inyector sucio: Ef: arranque del vehículo.
4. Problemas con el carburador: Ef: arranque del vehículo.

#### G. Bujías autos

1. Mala combustión: Ef: arranque del vehículo.
2. Se inyecta más combustible de la cuenta: Ef: arranque del vehículo.
3. El sistema de refrigeración no funciona correctamente.: Ef: arranque del vehículo.

#### H. Cables de bujías de autos

1. Provocan corriente eléctrica errática hacia las bujías del motor: Ef: arranque del vehículo.
2. Combustión irregular e incompleta del motor: Ef: arranque del vehículo.

#### I. Limpieza inyectores-diesel: Ef: arranque del vehículo.

1. Fallan por problemas eléctricos: Ef: arranque del vehiculó.
  2. Combustible de mala calidad (Plazas, 2020) .: Ef: arranque del vehiculó.
- J. Revisión de presión de inyección diesel: Ef: arranque del vehiculó.
1. Deterioro de filtro de combustible: Ef: arranque del vehiculó.
- K. Bomba de inyección
1. La proporción aire combustible no es correcta: Ef. Encendido.
  2. La inyección no se está dando de forma correcta: Ef. Encendido.
  3. Que la bomba está mal regulada: Ef. Encendido.
  4. Que este averiado el tirador del palo de la bomba inyectora. : Ef. Encendido.
  5. Que el solenoide o el circuito eléctrico de la bomba no funcionen correctamente. :  
Ef. Encendido.
  6. Que los componentes de la bomba se hayan deteriorado por el exceso de fricción y temperatura (Conservatucoche, 2018). : Ef. Encendido.
  7. Que la bomba se haya obstruido por residuos y contaminantes lo cual genera un exceso de trabajo que termina por quemar la bomba. : Ef. Encendido.
- L. Sistema de escape
1. Obstrucción o fragmentación del catalítico: Ef: Sonidos intermitente en el escape.
  2. Rotura de los silenciadores y en el tubo de escape: Ef: Sonidos intermitente en el escape.
  3. Acumulación de óxido: Ef: Sonidos intermitente en el escape.
- M. Obstrucción y daño de mangueras

1. Degradación electroquímica: Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
2. Fugas: Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
3. Daños por el calor: Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
4. Daños por abrasión: Ef: Sobrecalentamiento de piezas.

#### N. Holgura de válvulas

1. Fallos de montaje y ajuste. : Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
2. Mecanización defectuosa. : Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
3. Montaje de piezas desgastadas. : Ef: Sobrecalentamiento de piezas.
4. Fallas de combustión: Ef: Arranque.

#### O. Cambio de Filtro de Aire

1. Reducen el flujo de aire hacia el motor, modificando el equilibrio de aire y combustible del vehículo. : Ef. Encendido.

#### P. Calibración de embrague

1. Patinado del embrague: Ef: Dificultad de un cambio a otro.
2. Varillas de mando agarrotadas: Ef: Dificultad de un cambio a otro.
3. Discos engrasados, se debe reemplazar el disco y evitar engrasar los muelles (Dice, 2015). : Ef: Dificultad de un cambio a otro.

#### Q. Holgura de mecanismo de cambios

1. Aceite indebido: Ef: Calentamiento de piezas.
2. Desgastes en los cojinetes. Ef: Calentamiento de piezas.

3. Problemas en las varillas del cambio. Ef: Calentamiento de piezas.

#### R. Desgaste de crucetas de cardán

1. Sonidos metálicos durante los cambios de marcha: Ef: vibraciones extrañas y desgaste por contacto.
2. Chirridos en los giros: Ef: vibraciones extrañas y desgaste por contacto.
3. Incluso vibraciones a velocidades altas: Ef: vibraciones extrañas y desgaste por contacto.

#### S. Mangueras de dirección hidráulica

1. Erosión del tubo: Ef: Fugas.
2. Radio mínimo de Curvatura: Ef: Fugas y maniobrabilidad.
3. Ensamble Incorrecto: Ef: Fugas y maniobrabilidad.
4. Calor extremo: Ef: Fugas.

#### T. Sistema de Dirección

1. Fallas o fugas en la caja de aceite.: Ef: Problemas en la dirección de cabrilla.
2. Fugas de líquidos en cremallera. Olor a aceite quemado.: Ef: Problemas en la dirección de cabrilla.
3. Vibraciones en el volante. .: Ef: Problemas en la dirección de cabrilla.

#### U. Lubricación puntas de eje

1. Traqueteo cuando giramos a baja velocidad: Ef: Dirección con resistencia al movimiento.

2. La junta que está en mayor contacto con el polvo y la suciedad: Ef: Dirección con resistencia al movimiento.

#### V. Lubricación ejes conectores

1. Ausencia de lubricante: Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.
2. Suciedad. : Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.
3. Ciclo de lubricación. : Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.

#### W. Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos

1. Desgaste que suelen ir agravándose con el tiempo: Ef: Frenos largos.
2. Pedal demasiado duro: Ef: Frenos largos.
3. Chirrido o pitido agudo durante la frenada: Ef: Frenos largos.

#### X. Coronas y Caja de Cambios

1. Ruido por engranajes desgastados: Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.
2. El cambio de marcha aplica con fallas o no sucede: Ef: Desgaste en contacto de metal. metal.
3. No se mantiene la marcha colocada: : Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.

#### Y. Líquido de dirección hidráulica

1. Rigidez del volante: Ef: Desgaste en contacto de metal. metal.
2. Además de presentar dificultades al girar: Ef: Desgaste en contacto de metal . metal.

Z. Conexiones sueltas o daño en tubos

1. Perforación de tubos: Ef: fugas.
2. Tubos afectados por el calor o cristalización. Ef: fugas.

AA. Daño en la suspensión en general

1. Pérdida de aceite en los amortiguadores Ef: Fractura de piezas.
2. La suspensión del vehículo oscila lateralmente o le cuesta estabilizarse después de un bache Ef: Fractura de piezas.
3. El conjunto tren motriz delantero del vehículo, se inclina en exceso al frenar Ef: fugas.

BB. Fuga de aceite en los amortiguadores

1. La junta, que es un sello que une dos componentes metálicos en el motor, se rompe. Ef: Fractura de piezas.
2. Aumento del desgaste de los neumáticos :Ef: Fractura de piezas.

CC. Diagnóstico Electrónico

1. Verificar el código de fallas: Ef: Encendido y luz permanente de alerta.
2. Revisión del código de fallas Ef: Encendido y luz permanente de alerta.
3. Lectura de código de fallas con software especializado Ef: Encendido y luz permanente de alerta.

DD. Líquido de batería.

1. Recarga de Líquido. Ef: Encendido .

2. Reemplazo de batería. Ef: Encendido .

#### EE.Revisión del Sistema Eléctrico

1. El motor no arrancará correctamente Ef: Encendido .
2. Problemas con la batería: Ef: Encendido .
3. Los faros y otras luces no funcionan correctamente: Ef: Luz encendida de alertas.
4. Se funden los fusibles Ef: Luz encendida de alertas.

#### FF.Líquido de frenos

1. Desgaste normal de las pastillas de frenos: Frenos largos o no graduable.
2. Los pistones de las mordazas de extienden a medida que se desgastan las pastillas:  
Frenos largos o no graduable.
3. Por la fricción generada con el disco: : Frenos largos o no graduable.

#### GG. Desgaste de frenos, zapatas y pastillas

1. Notar vibración en el pedal o en el volante indica que los discos necesitan  
reemplazo: Frenos largos o no graduable.
2. Notar rebaba entre la superficie de frenado y el borde del disco, es que hace falta  
cambiarlos. : Frenos largos o no graduable.

#### HH. Líquido refrigerante

1. El motor no podrá arrancar: Ef: No arranca y sobrecalentamiento.
2. Forzar el vehículo puede producir rotura del circuito o el motor puede bloquearse  
Ef: No arranca y sobrecalentamiento.

#### II. Líquido de embrague



	4	Mangueras de dirección hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	Sistema de Dirección	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
	6	Lubricación puntas de eje	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	75
	7	Lubricación ejes conectores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	Desgaste de tambores y discos de freno Líquidos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
	9	Coronas y Caja de Cambios	0	1	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	1	65
	10	Líquido de dirección hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	Conexiones sueltas o daño en tubos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	Daño en la suspensión en general	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	Fuga de aceite en los amortiguadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA ELÉCTRICO	1	Diagnóstico Electrónico	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
	2	Líquido de batería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	Revisión del Sistema Eléctrico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SISTEMA DE FRENSOS	1	Líquido de frenos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	Desgaste de frenos zapatas y pastillas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	Líquido refrigerante	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	55
	4	Líquido de embrague	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	Desgaste en neumáticos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	55

### Anexo. Hoja de información

ARANCEL SERVICIOS LOGÍSTICOS Y FINANCIERON S.A.S.				
HOJA DE INFORMACIÓN R.C.M.	CAMIÓN			
	PARTE DE LA AVERIA			
	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
FUNCIÓN	ITEM	ITEM		



## 8. Referencias bibliograficas

- Conservatucoche. (2018). *Principales averías y fallos bomba inyección diésel—*  
*Conservatucoche.com.* <https://www.conservatucoche.com/es/motor/principales-averias-y-fallos-bomba-inyeccion-diesel-18.html>
- Dice, C. que nunca debe hacer con el embrague-NAMCCOBRAKES. (2015). *El embrague. Averías frecuentes, causas y recomendaciones | Pruebaderuta.com.*  
 Pruebaderuta.com | Más que un blog de automóviles.  
<https://www.pruebaderuta.com/el-embrague-averias-frecuentes-causas-y-recomendaciones.php>
- Donado, armando. (2020). *Motores Diesel: Control de emisiones de los gases de escape.*  
<https://autosoporte.com/control-de-emisiones-de-los-gases-de-escape-motores-diesel/>
- Fuso. (2021, noviembre 15). Conoce sobre el funcionamiento del motor diésel de un camión. *FUSO Blog | Venta de camiones de carga y buses.*  
<https://www.fuso.com.pe/blog/conoce-funcionamiento-motor-diesel-camion/>
- Kia. (2019). *Descubre las causas más comunes de una posible fuga de aceite de motor.*  
<https://www.kia.com/pe/util/news/descubre-las-causas-mas-comunes-de-una-posible-fuga-de-aceite-de.html>
- lasexta. (2018). *¿Qué le pasa a tu motor si se queda sin aceite y sigue funcionando?*  
[https://www.lasexta.com/motor/noticias/que-le-pasa-a-tu-motor-si-se-queda-sin-aceite-y-sigue-funcionando\\_201601255a946f450cf2052ee3bc728a.html](https://www.lasexta.com/motor/noticias/que-le-pasa-a-tu-motor-si-se-queda-sin-aceite-y-sigue-funcionando_201601255a946f450cf2052ee3bc728a.html)

Medina, J. (2016, octubre 22). RCM PASO 5: EVALUAR EFECTOS Y

CONSECUENCIAS ¿En qué forma es importante cada falla? *Confiabilidad RCM - Blog especializado en la Confiabilidad Operativa y su implementación en México.*

<https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/10/21/rcm-paso-5-evaluar-efectos-y-consecuencias-en-que-forma-es-importante-cada-falla/>

Plazas, D. (2020, enero 3). *Por qué los inyectores de tu diésel fallan y las posibles*

*soluciones.* Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/fallo-inyectores-diesel-possibles-soluciones-201963647.html>

Pruebaturuta. (2021, abril 24). *Ralentí o marcha mínima inestable | Pruebaturuta.com.*

Pruebaturuta.com | Más que un blog de automóviles.

<https://www.pruebaturuta.com/ralenti-o-marcha-minima-inestable.php>

Reabilityweb. (2016). *Consecuencias de Falla y el MCC.* Reliabilityweb.

<https://reabilityweb.com/sp/articles/entry/consecuencias-de-falla-y-el-mcc>

Rueda, J. (2021, noviembre 29). *Inspección del sistema eléctrico del camión.*

<https://juanruedaconinternational.com/tips-de-mecanica-y-conduccion/tips-de-mecanica/inspeccion-del-sistema-electrico-del-camion/>

SAE JA 1011. (2009). *Norma SAE JA 1011—Criterios Para Evaluar Procesos RCM*

*(002).* studylib.es. <https://studylib.es/doc/9110815/norma-sae-ja-1011---criterios-para-evaluar-procesos-rcm---...>

SEO150. (2022, enero 17). *Sistema de encendido de un vehículo | Primax Colombia.*

<https://www.primaxcolombia.com.co/como-funciona-el-sistema-de-encendido-de-un-vehiculo/>

Sifonte, J. (2017). Norma SAE JA1011 – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). *PDMTECH*.

<https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion-rcm/>

Spain, E. (2021). *Frenos neumáticos en camiones: Lo que debes saber* | *Euromaster*.

<https://www.euromaster-neumaticos.es/blog/sistema-freno-neumatico-camiones>

Valeo. (2022). *Sistema de transmisión de camión—Embrague*.

<https://www.valeoservice.com.ar/es-ar/vehiculo-industrial/sistemas-de-transmision-para-camiones>