



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA**  
**AUTOMOTRIZ**

**Plan de mantenimiento asistido por computador, para una  
flota de vehículos y maquinaria automotriz.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Autores:**

**ANDRÉS SEBASTIÁN BARRETO TENEMEA**

**DANILO ISMAEL SINCHI LOJANO**

**Director:**

**ING. DIEGO FRANCISCO TORRES MOSCOSO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2017**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por brindarme la salud y sabiduría para superar las adversidades de la vida.

A mi familia por estar presentes en todo momento, brindarme su cariño, comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos con los cuales he compartido grandes momentos y por brindarme siempre su apoyo.

A mis profesores por esforzarse siempre al máximo para transmitirnos sus conocimientos.

Andrés Sebastián Barreto Tenemea



## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo está dedicado de forma especial a mis padres, por brindarme su confianza, consejos y el apoyo incondicional moral y económico para culminar con mis estudios.

A mis hermanos por su cariño, confianza y el constante apoyo.

A mí amada esposa y querido hijo, que son los pilares fundamentales y fuente de motivación para esforzarme día a día y así salir adelante en este proceso de formación académica.

Andrés Sebastián Barreto Tenemea



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, un agradecimiento a Dios por brindarme valor y constancia durante los años de carrera universitaria, segundo a mis padres Simón y Guadalupe y mis hermanos Paul y Patricia por el apoyo incondicional que me supieron dar en los momentos más difíciles y de manera especial a mi primo, jefe, amigo y maestro Jorge Lojano por las enseñanzas y la confianza puesta, que desde el cielo sigues cuidando y aconsejando, les quiero mucho.

Al Ing. Francisco Torres por el apoyo y el seguimiento en este trabajo final y todas las personas que de una u otra manera han aportado con este proyecto gracias por todo.

Danilo Ismael Sinchi Lojano



## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado de manera especial a mi esposa Antonella por ser el pilar fundamental en estos últimos años, a mis padres, hermanos y familiares por brindarme el apoyo incondicional para terminar mis estudios los quiero mucho.

A mi hijo Matías Roberto que junto a mi esposa son la motivación diaria para mi formación académica les AMO MUCHO con todo mi corazón.

Danilo Ismael Sinchi Lojano



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Justificación.....	1
Antecedentes.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>CONCEPTOS, TIPOS Y FILOSOFÍAS DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
1.1.    El mantenimiento.....	3
1.2.    Políticas.....	4
1.3.    Objetivos del mantenimiento.....	5
1.4.    Tipos de mantenimiento.....	6
1.4.1.    Mantenimiento en uso.....	6
1.4.2.    Mantenimiento condicional.....	7
1.4.3.    Mantenimiento preventivo.....	7



1.4.4.	Mantenimiento correctivo.....	7
1.4.5.	Mantenimiento predictivo.....	8
1.4.6.	Mantenimiento cero horas.....	8
1.5.	Filosofías de mantenimiento.....	8
1.5.1.	Modelo de alta disponibilidad.....	8
1.5.2.	Mantenimiento sistemático.....	8
1.5.3.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).....	9
1.5.4.	Mantenimiento productivo total (TPM).....	9
1.5.5.	Optimización integral del mantenimiento (OIM).....	9
1.5.6.	Optimización del mantenimiento planeado (PMO).....	10
1.6.	Técnicas para el análisis de riesgo en equipos.....	10
1.6.1.	Técnicas cualitativas.....	10
1.6.2.	Técnicas semi-cuantitativas.....	11
1.6.3.	Técnicas cuantitativas.....	11
1.7.	Análisis de criticidad de equipos.....	11
1.7.1.	Método de criticidad de Ciliberti.....	12
1.7.2.	Criticidad basada en API 581.....	12
1.7.3.	Método de criticidad de Estándar militar.....	12
1.7.4.	Método de criticidad de Santiago Garrido.....	13
1.8.	Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.....	17
1.8.1.	Disponibilidad.....	17
1.8.2.	Mantenibilidad.....	20
1.8.3.	Confiabilidad.....	21
1.8.3.1.	Método gráfico.....	22
1.8.3.2.	Método analítico.....	23
1.8.3.3.	Método Implícito.....	24
1.9.	Plan de mantenimiento.....	25
1.9.1.	Análisis de equipos.....	25
1.9.2.	Inventario de maquinaria.....	25
1.9.3.	Codificación de equipos.....	26
1.9.4.	Recursos necesarios para el mantenimiento.....	26
1.9.5.	Modelos para la gestión del plan de mantenimiento.....	27
1.9.5.1.	Diagrama de pareto.....	27
1.9.5.2.	Mantenimiento productivo total (TPM).....	29
1.9.5.3.	Análisis de equipos y modos de fallos.....	31



1.10.	Gestión de mantenimiento asistido por ordenador. ....	35
1.11.	Conclusiones. ....	36

## **CAPÍTULO II.**

### **LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN. .... 37**

2.1.	Análisis de la situación actual de una empresa automotriz de servicio de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de neumáticos. ....	37
2.2.	Codificación. ....	37
2.3.	Levantamiento de información de la maquinaria automotriz. ....	39
2.4.	Levantamiento de información de la flota vehicular. ....	41
2.5.	Conclusiones. ....	44

## **CAPÍTULO III**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO. .... 45**

3.1.	Análisis del plan de mantenimiento. ....	45
3.2.	Plan de mantenimiento para los sistemas vehiculares. ....	45
3.2.1.	Análisis de criticidad de sistemas vehiculares. ....	45
3.2.2.	Análisis de fallas y modos de falla. ....	47
3.2.3.	Tareas de mantenimiento. ....	49
3.2.4.	Periodicidad de tareas de mantenimiento. ....	50
3.3.	Plan de mantenimiento para la maquinaria. ....	53
3.3.1.	Análisis de criticidad maquinarias. ....	53
3.3.2.	Análisis de fallas y modos de falla. ....	55
3.3.3.	Tareas de mantenimiento. ....	56
3.3.4.	Periodicidad de tareas de mantenimiento. ....	57
3.4.	Fichas técnicas de información. ....	58
3.5.	Conclusiones. ....	58

## **CAPÍTULO VI.**

### **PROGRAMA COMPUTACIONAL. .... 60**

4.1.	PROGRAMA COMPUTACIONAL DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA (“PCMVM 2017”). ....	60
------	--	----



4.2.	Ingreso usuario o invitado. ....	60
4.3.	Almacenamiento de información. ....	61
4.3.1.	Ingreso de información. ....	62
4.4.	Registro Vehículos y Maquinaria. ....	62
4.5.	Apertura de órdenes de trabajo. ....	63
4.6.	Cierre de órdenes de trabajo. ....	64
4.7.	Controles. ....	65
4.8.	Reportes. ....	68
4.9.	Conclusiones. ....	68
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>		<b>69</b>
CONCLUSIONES. ....		69
RECOMENDACIONES. ....		71
<b>TRABAJO A FUTURO. ....</b>		<b>72</b>
<b>REFERENCIAS. ....</b>		<b>73</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Matriz de prioridad de riesgo.....	11
Figura 1. 2 Selección del modelo de mantenimiento. ....	16
Figura 1. 3 Modelos programados. ....	17
Figura 1. 4 Estado de funcionamiento y fallas de un equipo. ....	17
Figura 1. 5 Partes principales de la hoja de Weibull.....	22
Figura 1. 6 Puntos de referencia en la hoja de Weibull .....	23
Figura 1. 8 Distribución de frecuencias principio de Pareto.....	28
Figura 1. 9 Diagrama causa y efecto “espina de pescado”. ....	29
Figura 4. 1 Ventana de bienvenida al usuario. ....	61
Figura 4. 2 Campos de información solicitados por el software para el registro de vehículos. ....	62
Figura 4. 3 Semaforización de tareas, según el plan de mantenimiento. ....	63
Figura 4. 4 Registro de orden de trabajo. ....	64
Figura 4. 5 Cierre de órdenes de trabajo .....	65
Figura 4. 6 Curvas de disponibilidad y mantenibilidad. ....	65
Figura 4. 7 Cálculo de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. ....	66
Figura 4. 8 Horas de funcionamiento y parada en Excel. ....	67
Figura 4. 9 Cálculo de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad en Excel. ....	67
Figura 4. 10 Gráficas de disponibilidad y mantenibilidad en Excel. ....	67



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Factor de producción para el método de criticidad. ....	13
Tabla 1. 2 Factor de calidad para el método de criticidad. ....	14
Tabla 1. 3 Factor de mantenimiento para el método de criticidad .....	14
Tabla 1. 4 Factor de seguridad y medio ambiente para el método de criticidad.....	14
Tabla 1. 5 Método de criticidad según Santiago Garrido .....	15
Tabla 1. 6 Horas de funcionamiento para determinar la confiabilidad de Weibull .....	24
Tabla 2. 1 Codificación sucursal empresa de servicio automotriz.....	37
Tabla 2. 2 Codificación nombre maquinaria.....	38
Tabla 2. 3 Codificación completa de la máquina.....	39
Tabla 2. 4 Parámetros para el levantamiento de información de la maquinaria. ....	39
Tabla 2. 5 Ejemplo del levantamiento de información de la maquinaria.....	41
Tabla 2. 6 Parámetros para el levantamiento de información de la flota vehicular ...	41
Tabla 2. 7 Ejemplo del levantamiento de información de la flota vehicular. ....	43
Tabla 3. 1 Sistemas del vehículo para realizar el plan de mantenimiento. ....	45
Tabla 3. 2 Matriz de criticidad para los sistemas vehiculares. ....	46
Tabla 3. 3 Sistemas vehiculares con su modelo de mantenimiento. ....	46
Tabla 3. 4 Descripción modos de falla del sistema de dirección .....	48
Tabla 3. 5 Tareas de mantenimiento del sistema de dirección.....	49
Tabla 3. 6 Periodicidad de mantenimientos del sistema de dirección.....	50
Tabla 3. 7 Planeación de mantenimiento para 100.000 Km para vehículos. ....	52
Tabla 3. 8 Máquinas para la selección de criticidad. ....	53
Tabla 3. 9 Análisis de criticidad para la maquinaria. ....	53
Tabla 3. 10 Matriz de criticidad con su modelo de mantenimiento. ....	54
Tabla 3. 11 Modos de fallo de la máquina alineadora. ....	56
Tabla 3. 12 Tareas de mantenimiento para la máquina alineadora. ....	56
Tabla 3. 13 Periodicidad de mantenimiento de la máquina alineadora.....	57
Tabla 4. 1 Ingresos según el menú correspondiente. ....	61



## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	75
ANEXO 2.....	84
ANEXO 3.....	90
ANEXO 4.....	116
ANEXO 5.....	139



## **Plan de mantenimiento asistido por computador, para una flota de vehículos y maquinaria automotriz.**

### **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un plan de mantenimiento para la administración y ejecución de actividades mecánicas para la flota vehicular y maquinaria de una empresa automotriz. Iniciando con el estudio de los tipos y filosofías de mantenimiento aplicando nociones del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), realizando un análisis de modos de falla en los sistemas tanto vehiculares como maquinaria, creando bases de datos para el almacenamiento de información. Finalmente, se presenta un programa computacional que fue estructurado con señales semafóricas, el cual permite estimar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, permitiendo al área de servicio técnico; mejorar la organización y distribución de tareas, reduciendo recursos, tiempos de mantenimiento y alcanzando los objetivos planteados por la empresa.

**Palabras Clave:** RCM, programa, semafórico, base de datos, controles, gestión de mantenimiento.

Ing. Diego Francisco Torres Moscoso  
**Director de tesis**

Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo  
**Director de escuela**

Andrés Sebastián Barreto Tenemea

Danilo Ismael Sinchi Lojano

**Autores**

**COMPUTER ASSISTED MAINTENANCE PROGRAM FOR A FLEET OF VEHICLES AND AUTOMOTIVE MACHINERY.**

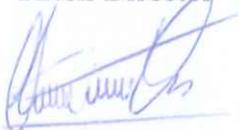
**ABSTRACT**

This work aimed to carry out a maintenance plan for the administration and implementation of mechanical activities for the vehicle fleet and machinery of an automotive company. The work began with the study of the types of maintenance and philosophies, which was done through the application of the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. Then, an analysis of failure modes in vehicle and machinery systems was performed, and databases for information storage were created. Finally, a computer program structured with traffic signals was presented. This program enabled the researcher to estimate availability, maintainability and reliability, allowing the technical service area to improve the organization and distribution of tasks, reduce resources and maintenance times, as well as reach the objectives set by the company.

**Keywords:** RCM, program, traffic light, database, controls, maintenance management.

  
Ing. Diego Francisco Torres Moscoso  
**Thesis Director**

  
Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo  
**School Director**

  
Andrés Sebastián Barreto Tenemea

  
Danilo Ismael Sinchi Lojano

**Authors**

  
Magali Ortega  
UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
Español Idiomas

  
Translated by  
Lic. Lourdes Crespo



Andrés Sebastián Barreto Tenemea

Danilo Ismael Sinchi Lojano

Trabajo de Titulación

Ing. Francisco Torres Moscoso

Junio, 2017

## **PLAN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR, PARA UNA FLOTA DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA AUTOMOTRIZ**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **Justificación.**

Un plan de mantenimiento asistido por computador puede agilizar, administrar procesos de mantenimiento y mejorar la organización del servicio técnico en el mantenimiento de la maquinaria y a su vez de la flota vehicular, con el fin de potencializar la productividad.

#### **Antecedentes.**

“El desarrollo de la tecnología generó un paso a la industrialización de procesos” (Molina, 2008), con ello se hizo necesario implementar procesos con normativas sobre mantenimiento que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos evitando así paradas imprevistas que ocasionen pérdidas directas e indirectas a la empresa.

Existen diversos tipos y filosofías de mantenimientos que permiten obtener beneficios en la productividad. Según García S. G. (2010) “entre los tipos de mantenimiento tenemos: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento predictivo, etc. y entre las filosofías existen: mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mantenimiento productivo total, mantenimiento sistemático, mantenimiento alta confiabilidad, etc.”

En el desarrollo de este proyecto se analizaron tipos y filosofías de mantenimiento para vehículos y maquinaria, usando un plan de mantenimiento que esté basado en actividades diarias, semanales, horas de trabajo y por kilometraje. Dichos procesos pueden ser realizados por los propios operadores de la máquina en función de alcanzar los beneficios esperados.



“La asistencia del mantenimiento a través de un computador permite obtener una mejor comunicación entre los departamentos involucrados en el servicio” (Apolo & Matovelle, 2012). Además, se obtiene un control eficiente de las actividades a fin de reducir costos y recursos.

Un plan de mantenimiento asistido por computador, permitirá contar con un registro de las actividades realizadas en el mantenimiento de la maquinaria, con ello lograr una “organización y control en el desempeño de sus equipos” (López & Guamán, 2015).

### **Objetivos.**

#### **Objetivo general.**

Realizar un plan de mantenimiento asistido por computador para una flota de vehículos y maquinaria automotriz.

#### **Objetivos específicos.**

- Describir los diferentes tipos de mantenimiento que se pueden encontrar en el área automotriz sobre vehículos y maquinaria.
- Realizar el levantamiento de información correspondiente a la flota vehicular y maquinaria que es utilizada en una empresa automotriz.
- Realizar un plan de mantenimiento para la flota vehicular y de la misma manera para cada maquinaria identificada en el levantamiento de información.
- Proponer el diseño de un programa computacional, para ejecutar el plan de mantenimiento de la maquinaria y flota vehicular de una empresa automotriz.



## 1. CAPÍTULO I.

### CONCEPTOS, TIPOS Y FILOSOFÍAS DE MANTENIMIENTO.

#### 1.1. El mantenimiento.

La palabra mantenimiento se emplea para designar las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios.

Durante la revolución industrial el mantenimiento era correctivo, los accidentes y pérdidas que ocasionaron las primeras calderas y la apremiante intervención de las aseguradoras exigiendo mayores y mejores cuidados, proporcionaron la aparición de talleres mecánicos.

“A partir de los años sesenta, con el desarrollo de las industrias electrónica, espacial y aeronáutica, aparece en el mundo el mantenimiento predictivo” (Abella, 2010). Por el cual la intervención no depende ya del tiempo de funcionamiento sino del estado o condición efectiva del equipo o sus elementos y de la fiabilidad determinada del sistema.

“Actualmente el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis físico químicos, tecnografía, ultrasonidos” (Abella, 2010).

Una de las filosofías de mantenimiento que se aplica en la actualidad es la de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM). Es una metodología diseñada por la aviación militar de los Estados Unidos de América su principal objetivo es garantizar la confiabilidad de la función de los equipos activos y para mejorar los efectos de falla (García S. G., 2010).

Además, la implementación de un RCM implica la aplicación de un análisis de criticidad de equipos. En Venezuela la Corporación Petrolera Estatal Venezolana (PDVSA) ha implementado este tipo de filosofía de mantenimiento en las maquinarias de taladro de servicio a pozos, con la aplicación de normas ISO 14224 que es una norma que permite la codificación y la estructuración de los sistemas y equipos de empresas petroleras (Tillero, 2009).

Por último, la aplicación al mantenimiento, de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos han generado una reducción del 6 % en los costos



de mantenimiento (mano de obra, materiales, repuestos, etc.); de igual manera, se puede alcanzar una mejora del 15% en la productividad (Gamarra, 2004).

### **1.2. Políticas.**

El primer paso para la gestión de mantenimiento es establecer las políticas. La política o estrategia de mantenimiento consiste en definir los objetivos técnicos-económicos de los servicios, así como los métodos a implementar y los medios necesarios para alcanzarlos (Gamarra, 2004).

Oliverio García en su libro “Gestión moderna de mantenimiento Industrial” describe como plantear políticas, para que sean más eficientes y expone metodologías que ayudan a obtener un elevado nivel de productividad, calidad y eficiencia, aplicables también al mantenimiento. Algunas de las metodologías que se destacan son:

- El Kaizen.
- Las Cinco Eses.
- La Reingeniería.
- El Justo a Tiempo.
- El Benchmarking.
- El Análisis de Pareto.
- El Empowerment.
- La Planeación Estratégica.
- La Gestión por Procesos.
- El análisis de resultados.
- La Confiabilidad Operacional.
- La Gestión Total de Calidad

No necesariamente se deben implementar todas, sino definir la más adecuada para cumplir las actividades de mantenimiento (García O. , 2012).

Para iniciar con el establecimiento del proyecto en la empresa automotriz dedicada a la distribución de neumáticos, alineación, balanceo y enllantaje de vehículos, es importante empezar con los siguientes aspectos:

- Definir el área y personal idóneo para cumplir las actividades de mantenimiento.
- Mantener un constante desarrollo de conocimientos del personal mediante capacitaciones, formación de habilidades, entrenamiento y desarrollo.
- Visualizar el mantenimiento de forma técnica implementando conceptos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.



- Aplicar un programa computarizado de fácil manejo para el personal, a fin de optimizar la gestión del plan de mantenimiento de forma sistemática.
- Definir espacios de comunicación dinámica entre los departamentos involucrados en la gestión del mantenimiento, en pro de la ejecución de las actividades de acuerdo a la planeación realizada.
- Participar activamente en conceptos de mantenimiento que ayude a mejorar condiciones de seguridad, calidad, productividad y efectividad a la hora de realizar operaciones de mantenimiento.

### **1.3. Objetivos del mantenimiento.**

La evolución de los conceptos sobre mantenimiento ha generado una diversidad de teorías sobre objetivos del mismo, los cuales tienen áreas de aplicación como son la producción o el servicio, todos ellos enfocados al mejoramiento de la productividad y la vida útil del equipo, involucrando los recursos necesarios.

Newbrough define como el objetivo principal del mantenimiento “maximizar la disponibilidad requerida para la producción y servicios al preservar el valor de las instalaciones, minimizar deterioros de equipos, logrando el menor costo posible” (Newbrough, 1982).

Además, Kelly define los objetivos de mantenimiento como un “grupo de actividades, estrategias y métodos que se realizan para garantizar el parque industrial de bienes y servicios los cuales son capaces de producir objetos en una organización productiva con la mayor disponibilidad de recursos” (Kelly, Anthony, & Harris, 1998).

Según el Mantenimiento Productivo Total (del inglés de Total Productive Maintenance TPM) se menciona como objetivos de mantenimiento la “eliminación de las pérdidas de producción, el incremento de la vida de las maquinarias, mejorar la disponibilidad de los equipos en fracciones de tiempo productivo” (Tavares L. A., 1999).

Existen objetivos orientados a la calidad de producto y servicio, a la motivación, capacitación y mejoramiento de áreas de trabajo para el desenvolvimiento correcto del recurso humano. Todos estos conceptos enfocados adecuadamente, logran una mejora en la productividad (Fernández, 2005).

Con estas filosofías sobre los objetivos de mantenimiento se puede describir al mismo como un conjunto de tareas programadas que sirven para reponer a condiciones óptimas de funcionamiento los equipos que brindan servicio. Además, se aumenta la disponibilidad, durabilidad y confiabilidad a través del uso adecuado de los recursos



(ya sean materiales, humanos o financieros) para lograr una disminución en los costos de mantenimiento.

Según Pullutagsi “El mantenimiento siempre se lo vea como un servicio, sus objetivos y sus políticas deben ajustarse a la estructura, misión y objetivos de cualquier empresa ya sea esta industrial, automotriz, civil, etc.”, (Pullutagsi, 2012).

En este contexto, se establecen los objetivos en función de las necesidades de cada empresa y con los cuales la gestión de mantenimiento aportaría dentro de ello:

- Realizar una base de datos mediante codificación con normas ISO, para mejorar la comunicación entre departamentos.
- Realizar un listado de actividades programadas a través de kilometraje para vehículos y actividades diarias, semanales, mensuales y anuales para las máquinas. De esta manera, el área de servicio técnico de una empresa automotriz que realiza la distribución de neumáticos, alineación, balanceo y enllantaje, cuenta con la información pertinente para el desarrollo de tareas cronológicamente organizadas.
- Realizar la adaptación de los cálculos matemáticos para la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos. Dicha información es útil e importante para el funcionamiento adecuado del área de servicio técnico de una empresa automotriz dedicada a la distribución de neumáticos, alineación, balanceo y enllantaje.
- Incrementar la seguridad laboral a través de la utilización de máquinas óptimas para el mantenimiento y con disposición permanente para el área de servicio técnico.

#### **1.4. Tipos de mantenimiento.**

##### **1.4.1. Mantenimiento en uso**

Es un conjunto de actividades básicas como la toma de datos, inspecciones visuales limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, pernos o tuercas (Dumagualla, 2014).

Todo empleado o técnico que utilice la maquinaria o vehículo tiene la obligación de realizar estas actividades antes de iniciar sus labores diarias, para ello serán previamente capacitados sobre los requerimientos para realizar este tipo de mantenimiento.



#### **1.4.2. Mantenimiento condicional**

Cuando se realiza el mantenimiento en uso se puede encontrar anomalías en el equipo, es por ello que se procede a programar una intervención, caso contrario no se actúa sobre el mismo, definiéndolo así al mantenimiento condicional (Dumaguala, 2014).

El modelo condicional realiza un conjunto de actividades de mantenimiento (inspecciones visuales, lubricación y reparación de averías) y además realiza una serie de pruebas y ensayos que condicionaran una actuación posterior; si en el transcurso de estas pruebas o ensayos se descubre anomalías se programa una intervención, caso contrario, no se actúa sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es utilizado en equipos de poca probabilidad de fallo y de poco funcionamiento aunque no deja de ser importante en el sistema productivo.

#### **1.4.3. Mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo es el que se realiza a intervalos determinados con la intención de minimizar la probabilidad de falla o degradación del equipo o vehículo (Dumaguala, 2014).

Este tipo de mantenimiento es más viable para implementar en la empresa automotriz, porque permite tener una mayor disponibilidad con un óptimo rendimiento de la maquinaria y flota vehicular.

#### **1.4.4. Mantenimiento correctivo.**

Se define mantenimiento correctivo al conjunto de actividades destinadas a la corrección o reparación después que ha ocurrido el fallo. Se subdivide en dos categorías como el planificado y no planificado.

El mantenimiento correctivo no planificado se efectúa de forma emergente generando paradas imprevistas y pérdidas de producción. En tanto el mantenimiento correctivo planificado se sabe cómo, cuándo, y donde se debe efectuar su corrección, teniendo planificado todos los recursos necesarios (Neto Chusin, 2008).

Este tipo de mantenimiento no es recomendable implementarlo debido a que genera pérdidas (económicas, materiales y tiempo) para la empresa automotriz, sin embargo no se descarta ya que se aplicará cuando se produzca un fallo.



#### **1.4.5. Mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento predictivo es más tecnológico debido a que utiliza mediciones de variables físicas (temperatura, presión vibración, ruidos, químicos etc.) cuyas variaciones indican la presencia de futuras fallas (Neto Chusin, 2008).

En un futuro se desea llegar a implementar este tipo de mantenimiento en la empresa automotriz, para estar preparados a las fallas que se predicen con las mediciones de las variables indicadas.

#### **1.4.6. Mantenimiento cero horas**

Este mantenimiento consiste en dejar como si el equipo fuera nuevo, para ello se sustituyen todos los elementos sometidos a desgaste (Dumaguala, 2014).

### **1.5. Filosofías de mantenimiento.**

Las filosofías de mantenimiento son combinaciones de diversos tipos, los cuales son utilizados para mejorar la planificación.

#### **1.5.1. Modelo de alta disponibilidad**

Este modelo de mantenimiento se ejecuta en equipos de disponibilidad que están sobre el 90%, en donde por ningún concepto puede sufrir averías o un mal funcionamiento, debido al costo elevado en pérdidas de producción por avería, por ello se le conoce como el modelo más exigente y exhaustivo de todos.

Se emplean técnicas de mantenimiento predictivo para conocer el estado del equipo en marcha y paradas programadas (paradas anuales) para realizar una revisión general, en donde se sustituyan todos los elementos sometidos a desgaste o con probabilidad de fallo. No es posible realizar un mantenimiento correctivo, preventivo y sistemático debido a que estos mantenimientos requieren paradas del equipo; en caso de presentarse una avería se procede a realizar una reparación provisional rápida y permitir mantenerse en funcionamiento al equipo hasta la siguiente revisión general.

#### **1.5.2. Mantenimiento sistemático**

Para este tipo de mantenimiento se aplica un conjunto de actividades sin importar el estado del equipo a fin de alargar la vida útil, debido a que se detecta problemas antes de que se produzcan daños mayores.

Se utiliza en equipos de disponibilidad media, dando oportunidad para aprovechar los periodos inactivos para realizar las mediciones y pruebas, no es necesario tener todas



sus actividades con una periodicidad fija, simplemente puede tener tareas sistemáticas que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando (Garcia S. G., 2010).

Este tipo de mantenimiento es muy factible implementar en una empresa automotriz que brinda servicios de distribución de llantas, enllantaje, alineación y balanceo, puesto que sus equipos no se encuentran con una actividad frecuente, aunque el costo de mantenimiento puede ser elevado pues permite la sustitución de elementos que todavía se encuentran en buen estado.

### **1.5.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se le puede reconocer como una evolución del mantenimiento sistemático, que desarrolla y optimiza el programa de mantenimiento garantizando la confiabilidad de los activos y para manejar los efectos de sus fallos, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos (Torres, Perdomo, Fornero, & Corcuera, 2010).

El RCM es un enfoque sistémico para diseñar planes y programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo. El objetivo principal del mantenimiento centrado en la confiabilidad es conservar la función del sistema antes que la función del equipo (Garcia O. , Gestión moderna del mantenimiento industrial, 2012).

### **1.5.4. Mantenimiento productivo total (TPM)**

Esta filosofía de mantenimiento tuvo origen en Japón y está orientada a la productividad y maximizar la efectividad, donde busca cero pérdidas, cero accidentes, cero defectos de calidad y cero averías. Esta técnica se realiza con una integración total del personal (Dumagualla, 2014).

El mantenimiento productivo total adopta como filosofía el principio de mejora continua, donde planifica las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica (Lefcovich, 2009).

### **1.5.5. Optimización integral del mantenimiento (OIM)**

La optimización integral del mantenimiento propone, en función de la orientación a los negocios y el plan estratégico, un enfoque para desarrollar la función del mantenimiento en un marco conceptual global, integral y estructural (Garcia O. , 2006)



La OIM efectúa una implementación cubriendo diferentes áreas donde se definan las estrategias, recursos humanos, recursos materiales y finalmente los sistemas y procedimientos, para dar un seguimiento continuo a los objetivos planteados en el mantenimiento (Blanco, 2002).

#### **1.5.6. Optimización del mantenimiento planeado (PMO)**

La optimización del mantenimiento planeado es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. Estas actividades generan un registro estadístico que permite analizar las causas y el origen de fallo; de tal manera que se pueden identificar las posibles fallas repetitivas que presentan los equipos y al mismo tiempo, predecir futuras intervenciones de mantenimiento (García O. , 2012).

La Optimización del mantenimiento planeado, es la base para una ingeniería de confiabilidad efectiva y para la adecuada eliminación de defectos con la utilización de análisis estadísticos.

#### **1.6. Técnicas para el análisis de riesgo en equipos.**

Existen diferentes técnicas para el análisis de riesgo en equipos, pero todas ellas enmarcadas en tres teorías: cualitativas, semi-cuantitativas y cuantitativas.

##### **1.6.1. Técnicas cualitativas**

Como su nombre lo indica son técnicas que obedecen a un razonamiento cualitativo, donde no se establecen rangos numéricos.

Se pueden estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento y las consecuencias que esta implica, un ejemplo de la técnica es la estimación de la frecuencia.

- 1 Extremadamente improbable
- 2 Improbable
- 3 Algo probable
- 4 Probable
- 5 Muy probable

Una desventaja de la técnica es la percepción del análisis que se realiza a diferente equipo, debido a que un mismo evento podría ser categorizado en diferentes escalas.

### 1.6.2. Técnicas semi-cuantitativas

Al igual que la técnica cualitativa permite una determinación de fácil manejo y comprensión, donde la jerarquización de las consecuencias permite establecer valores de criticidad para la toma de una decisión.

Las consecuencias se clasifican por categorías, por ejemplo: daños, deterioro, pérdida de función, pérdida de sistema, etc.

Permite la utilización de la matriz de prioridad de riesgos, como se aprecia en la figura 1, donde depende de las consecuencias para determinar el tipo de criticidad de cualquier tipo de sistema.

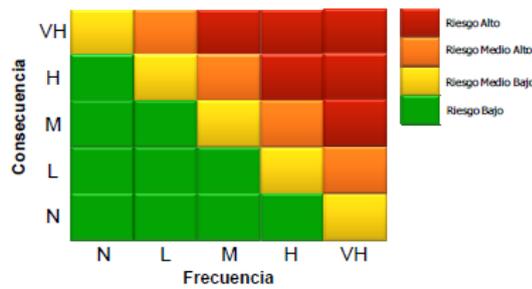


Figura 1. 1 Matriz de prioridad de riesgo  
Fuente: (Gutiérrez, 2007)

### 1.6.3. Técnicas cuantitativas.

Requiere mayor tiempo para su estudio e implementación, permite jerarquizar con bases sólidas los valores de riesgo. Adicionalmente, estas técnicas determinan los valores absolutos de riesgo y estos pueden ser incluidos en los costos que serán determinados en la toma de decisiones.

### 1.7. Análisis de criticidad de equipos.

No todos los equipos tienen la misma importancia en empresas destinadas a la producción o servicio, existen metodologías que permiten establecer la prioridad de diversos equipos mediante la criticidad del mismo, creando una estructura que facilite la toma de decisiones.

Existe una limitación al momento de realizar un análisis de criticidad, este tipo de análisis considera la criticidad del equipo de forma independiente y no considera fallas simultáneas en el sistema, llegando esto a producir paradas de producción con pérdidas de recursos, debido a que el plan de mantenimiento está basado solamente en esa máquina y no es considerada como una cadena de producción. Por tanto el análisis de



criticidad es recomendable utilizarlo en equipos con sistemas de producción de baja complejidad en donde la probabilidad de ocurrir eventos simultáneos sea mínimo.

Entre los métodos para el análisis de criticidad tenemos:

Método de criticidad de Ciliberti

Modelo de criticidad basado en la norma API 581

Método de criticidad del Estándar militar

Método de criticidad de Santiago Garrido.

### **1.7.1. Método de criticidad de Ciliberti**

Es un método donde combina dos matrices de criticidad, la primera considera los procesos, con un análisis donde se determinan valores de probabilidad para la seguridad, higiene y ambiente mientras que la segunda considera el impacto en la producción (Gutiérrez, 2007).

Ambas se integran en una matriz de criticidad global obteniendo la criticidad total del equipo del método de Ciliberti.

### **1.7.2. Criticidad basada en API 581**

Esta metodología está basada en la Matriz de Riesgo de la norma API 581 y se aplica a mecanismos sometidos a deterioros como la corrosión (Gutiérrez, 2007).

Utiliza una matriz de 5x5 que presenta cuatro niveles de clasificación de riesgo:

- Riesgo bajo-color blanco o verde.
- Riesgo medio-color amarillo
- Riesgo medio alto-color naranja.
- Riesgo alto-color rojo

Para mejorar la planificación de inspecciones se puede realizar listas jerarquizadas de equipos basados en el riesgo calculado.

### **1.7.3. Método de criticidad de Estándar militar.**

Es una metodología que está diseñada para ser utilizada en departamentos y agencias dentro del Ministerio de Defensa de los Estados Unidos de América, tiene como objetivo identificar el nivel de riesgo y seguridad en el ambiente, higiene y seguridad en el transcurso de la producción (Gutiérrez, 2007).



Para lograr un traspaso de sistemas, subsistemas y equipos del departamento de seguridad.

#### **1.7.4. Método de criticidad de Santiago Garrido.**

Es un método de fácil utilización para cualquier sistema, máquina o equipo que tiene una empresa destinada para el servicio o producción.

Se inicia distinguiendo los niveles de importancia o criticidad de cada uno de los equipos que dispone la planta (García S. G., 2010).

- Críticos: Son equipos donde la parada o mal funcionamiento afecta representativamente a los recursos, objetivos y resultados que la empresa desea lograr.
- Importantes: Son equipos donde la parada o mal funcionamiento afectan relativamente a la empresa teniendo la facilidad de ser asumibles.
- Prescindibles: Son equipo donde la parada afecta escasamente a la empresa, teniendo costo adicional pero que no es significativo para los objetivos de la empresa.

A continuación, se debe considerar la influencia que una falla tiene en diferentes factores, estos determinados por el área servicio técnico y pueden aumentar según sean las necesidades y objetivos de la empresa: (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012)

- Producción: Valoramos un equipo con esta influencia determinando si el fallo supone una parada total de las instalaciones de la empresa o cómo ésta afecta dentro de la misma.

Tabla 1. 1 Factor de producción para el método de criticidad.

Criticidad.	Escala	Definición	Impacto en producción
A	Alto	Alta influencia, paralización completa de la planta o servicio.	Pérdidas de producción superiores al 75%.
B	Medio	Influencia media en máquinas paralización temporal del sistema.	Pérdidas de producción entre 25% y 45%.
C	Bajo	Fallo mínimo, sistema se puede seguir con normalidad poca influencia en otras máquinas.	Pérdidas de producción menor al 10 %.

Fuente: (García S. G., 2010).



- Calidad: El equipo puede ser valorado según la calidad con la cual entrega el producto final, dependiendo esto de las averías o fallos del equipo o sistema.

Tabla 1. 2 Factor de calidad para el método de criticidad.

Criticidad.	Escala	Definición	Impacto de calidad
A	Alto	Fallo total en el servicio prestado. Usuario totalmente insatisfecho.	Insatisfacción del 75% de los usuarios.
B	Medio	Fallo parcial en el servicio, usuario con poca satisfacción	Insatisfacción de 25% al 45% de los usuarios
C	Bajo	Poca influencia sobre la calidad de producto. Existe satisfacción en el usuario. Fallo mínimo en el servicio prestado	Insatisfacción del 10 % de los usuarios.

Fuente: (Garcia S. G., 2010).

- Mantenimiento: Valoramos el equipo según el costo de mantenimiento.

Tabla 1. 3 Factor de mantenimiento para el método de criticidad

Criticidad.	Escala	Definición	Impacto del costo de mantenimiento
A	Alto	Consume parte muy importante de los gastos de mantenimiento.	Costo de mantenimiento incluyendo repuesto supera el 75% del costo del equipo
B	Medio	Costo medio en reparación	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos entre el 25% y 45% del costo del equipo
C	Bajo	Se cuenta con unidades de reserva, costo bajo de mantenimiento	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos por debajo del 10% del costo del equipo

Fuente: (Garcia S. G., 2010).

- Seguridad y medio ambiente: El fallo del equipo puede ser un accidente grave para las personas, usuarios o para el medio ambiente.

Tabla 1. 4 Factor de seguridad y medio ambiente para el método de criticidad.

Criticidad.	Escala	Definición	Impacto de la seguridad
A	Alto	Fallas que producen accidentes graves a usuarios o trabajadores con riesgo al medio ambiente.	Daño grave a la salud del personal, incidencia ambiental mayor.
B	Medio	Fallas que producen accidentes de menor manera a usuarios o trabajadores.	Incidencia ambiental menor y daños



			menores a la salud del personal
C	Bajo	Fallas que no producen accidentes, no existe riesgo de pérdida de vidas, o atentar contra el medio ambiente.	No existen riesgos de salud o daños ambientales.

Fuente: (García S. G., 2010).

Para los 4 factores se califican con A los más críticos, B los importante y C los equipos prescindibles, con estos parámetros se realiza una matriz de 5x4 donde se exponen los valores cualitativos descritos anteriormente como se aprecia en la tabla 1.1.

Tabla 1. 5 Método de criticidad según Santiago Garrido

Tipo de Equipo	Seguridad	Producción	Calidad	Mantenimiento
(A) Crítico	Puede originar un accidente muy grave.	Su parada afecta al plan de producción	Es clave para la calidad del producto	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes.			Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes anteriormente		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos	Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento
(B) Importantes	Necesita revisiones periódicas	Afecta la producción, pero es recuperable.	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Costo medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave pero las posibilidades son remotas.			
(C) Prescindible	Poca influencia de seguridad	Poca influencia en producción	No afecta a la calidad.	Bajo costo de mantenimiento

Fuente: (García S. G., 2010).

Cuando se valora un equipo se puede generar resultados diversos en los parámetros, por ejemplo, puede ser crítico por mantenimiento, prescindible por seguridad e importante por calidad y producción, cuando esto sucede siempre se categoriza el

equipo con la valoración más alta obtenida en los cuatro aspectos, es decir el equipo será crítico en el ejemplo anterior.

#### 1.7.4.1. Selección del modelo de mantenimiento

Con la criticidad de cada equipo se dispondrá de una filosofía o un tipo de mantenimiento para la selección del mismo, se sigue un flujo grama (tabla 1.2) donde se observa los parámetros de criticidad y sus modelos, los cuales pueden ser aplicados (García S. G., 2010).

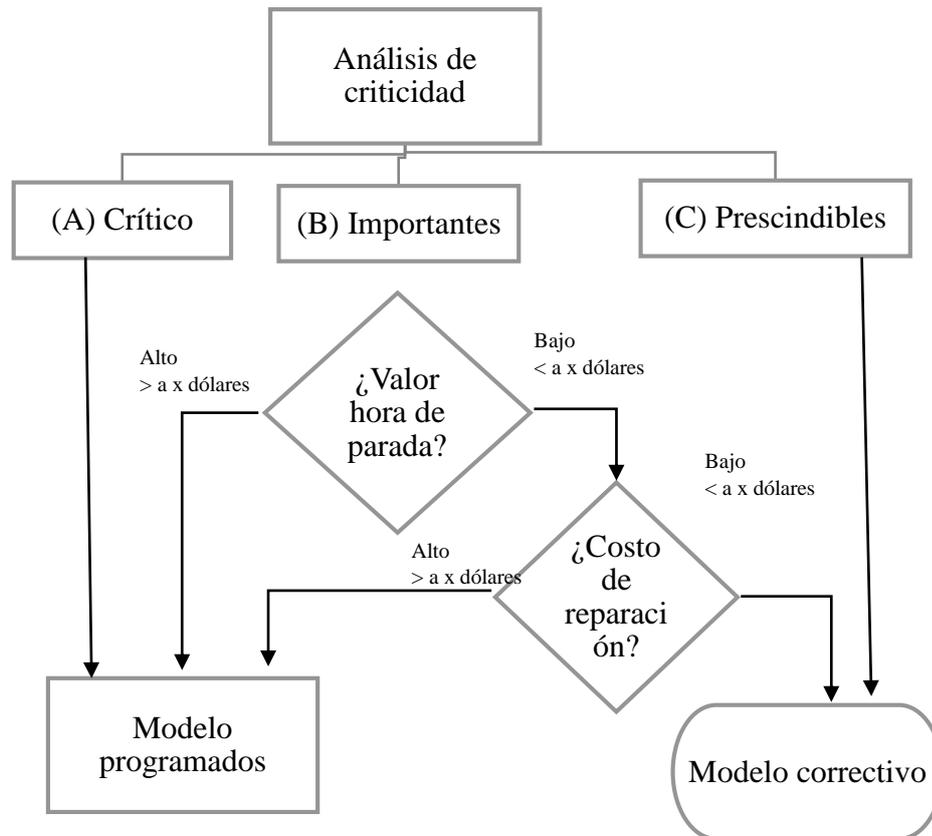


Figura 1. 2 Selección del modelo de mantenimiento.  
Fuente: (García S. G., 2010).

Para los modelos programados existen 3 tipos de filosofías que pueden ser aplicadas en la tabla 1.3 se aprecia el modelo aplicable dependiendo de la cantidad de disponibilidad que tenga la máquina o el elemento al cual se le aplica este tipo de análisis.

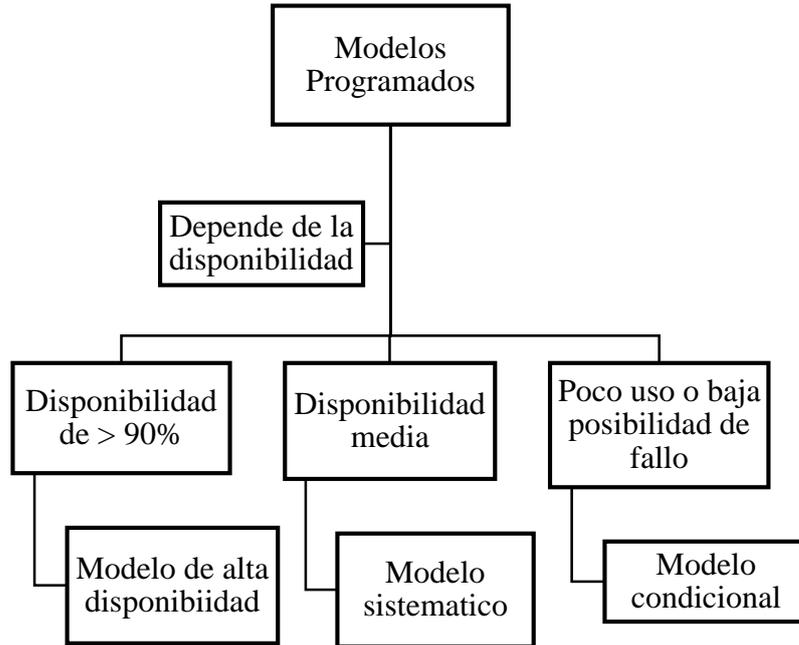


Figura 1. 3 Modelos programados.  
Fuente: (Garcia S. G., 2010).

### 1.8. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

#### 1.8.1. Disponibilidad

Es la probabilidad que un sistema o equipo esté disponible para su uso durante un intervalo de tiempo dado.

En la figura 2 se indica el tiempo de fallas, funcionamiento y tiempos que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo (Mora, 2005).

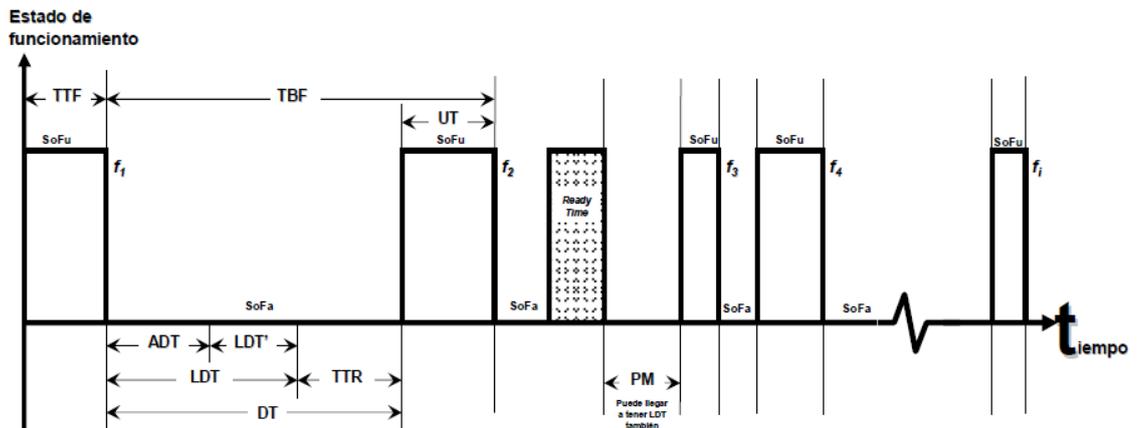


Figura 1. 4 Estado de funcionamiento y fallas de un equipo.  
Fuente: (Mora, 2005)

Dónde:



TTF= tiempo hasta fallas

M= número de fallas desde  $f_1$  hasta  $f_i$ .

TTR= tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras y tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recurso humanos.

MTTR= tiempo medio para reparar.

TBF= tiempo entre fallas

MTBF= tiempo medio entre fallas.

UT= tiempo útil en el que equipo funciona correctamente.

MUT= tiempo medio de funcionamiento entre fallas.

DT= tiempo no operativo.

MDT= tiempo medio de indisponibilidad o no funcionamiento entre fallas.

ADT= retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de reparación.

LDT'= retrasos logísticos la obtención de insumos para la reparación.

LDT= tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento.

MLDT= tiempo medio de tiempos logísticos.

SoFa= estado de falla, el equipo no funciona correctamente.

SoFu= estado de funcionamiento correcto.

PM= mantenimientos planeados, pueden ser preventivos o predictivos.

TT= tiempo total.

La relación entre la confiabilidad y la mantenibilidad permite el cálculo de la disponibilidad:

$$disponibilidad = \frac{\text{confiabilidad}}{\text{confiabilidad} + \text{mantenibilidad}}$$



Existen diferentes disponibilidades de distintos autores y de diferentes instituciones mundiales que tratan el mantenimiento como:

### 1.8.1.1. Disponibilidad genérica $A_g$ .

Es muy útil cuando se tiene los tiempos totales de funcionamiento y de no disponibilidad, en este caso no se poseen los tiempos exactos de demoras logísticas, suministros retrasos, etc.

$$A_g = \frac{MUT}{MUT + MDT} \quad (1)$$

Dónde:

$$MUT = \frac{\sum UT}{M} \quad MDT = \frac{\sum DT}{M}$$

### Disponibilidad genérica con mantenimientos preventivos.

$$A_g = \frac{\text{tiempo funcionamiento}}{\text{tiempo que puede operar}} = \frac{TT - \sum PM - \sum DT}{TT - \sum PM} \quad (2)$$

### 1.8.1.2. Disponibilidad inherente $A_I$

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación especificadas y en un entorno igual de soporte logístico (disponibilidad adecuada de personal, repuestos, herramientas, etc. (Mora, 2005).

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Dónde:

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{M} \quad MTTR = \frac{\sum TTR}{M}$$

### 1.8.1.3. Disponibilidad alcanzada $A_A$

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando sea requerido en cualquier tiempo, bajo las condiciones de operaciones especificadas y en un entorno ideal de soporte logístico, pero involucrando en sus cálculos los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento.

$$A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} \quad (4)$$



MTBM= tiempo medio entre mantenimiento.

$\bar{M}$ = tiempo medio de mantenimiento.

Dónde:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}} \quad (5)$$

MTBM<sub>C</sub> = tiempo medio entre mantenimientos no planeados.

MTBM<sub>P</sub> = tiempo medio entre mantenimientos planeados.

$$\bar{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_C} + \frac{M_P}{MTBM_P}}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}} \quad (6)$$

$M_P$  = tiempo neto medio para ejecutar tareas proactivas de mantenimientos planeados.

#### 1.8.1.4. Disponibilidad operacional $A_o$

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operaciones especificadas y en un entorno real de soporte logístico, abarcando por lo tanto dentro de los tiempos de mantenimiento, los tiempos causados por el retraso logístico y administrativos.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} \quad (7)$$

Dónde:

$$\bar{M}' = \frac{\frac{LDT}{MTBM_C} + \frac{M_P}{MTBM_P}}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}} \quad (8)$$

#### 1.8.2. Mantenibilidad

Es la probabilidad que un equipo pueda ser reparado en un tiempo determinado, cuando las actividades de mantenimiento son ejecutadas de acuerdo a procedimientos pre-establecidos (Padilla, 2012).

##### 1.8.2.1. Tiempo medio de reparación TMR.

Este concepto establece la duración media de reparación.

$$TMR = \frac{TA}{NA} \quad (9)$$



Dónde:

TA= tiempo de parada por avería.

NA= número de averías.

### 1.8.2.2. Duración media de un fallo o avería MTTR.

$$\text{Duración media de un fallo o avería} = \frac{\sum \text{tiempos de los fallos}}{\sum NA} = MTTR$$

Dónde:

MTTR= tiempo de parada medio para reparar un fallo.

### 1.8.2.3. Tasa de mantenibilidad M.

Es la probabilidad de realizar la reparación en un tiempo dado (Padilla, 2012).

$$M = \frac{1}{MTTR} \quad (10)$$

### 1.8.3. Confiabilidad.

Es la probabilidad que un equipo no falle mientras está operando, durante un tiempo determinado.

La función confiabilidad R (t) de Weibull se determina por la siguiente expresión.

$$R(t) = e \left[ -\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta \right] \quad (11)$$

Dónde:

t= variable aleatoria representa el tiempo entre fallas.

$\beta$ = parámetro de forma ( $0 < \beta < \infty$ ), determina la forma o el perfil de la distribución.

$\alpha$ = parámetro de escala ( $0 < \alpha < \infty$ ) indica la escala de la distribución.

$\gamma$ = parámetro de localización ( $-\infty < \gamma < \infty$ ), indica en el tiempo en el momento a partir del cual se genera la distribución.

Para determinar los parámetros de Weibull existen varios métodos, todos destinados a estimar los valores mediante distribuciones.

### 1.8.3.1. Método gráfico.

La hoja de Weibull es utilizada para estimar los parámetros para el cálculo de la confiabilidad. La figura 3 muestra las partes que la conforman, siendo las siguientes:

0 El eje X se representa el tiempo de fallas este podría estar en ciclos, minutos, fatiga, etc. En el eje Y se representa el porcentaje de falla.

1 Número de prueba.

2 Componente a evaluar.

3 Fecha.

4 Tipo de test.

5 Promedio de tiempo de fallas.

6 Tamaño de la muestra.

7 Beta parámetro de forma.

8 N o  $\alpha$ , parámetro de escala.

9 Gamma, parámetro de posición.

10 Punto de referencia o de estimación.

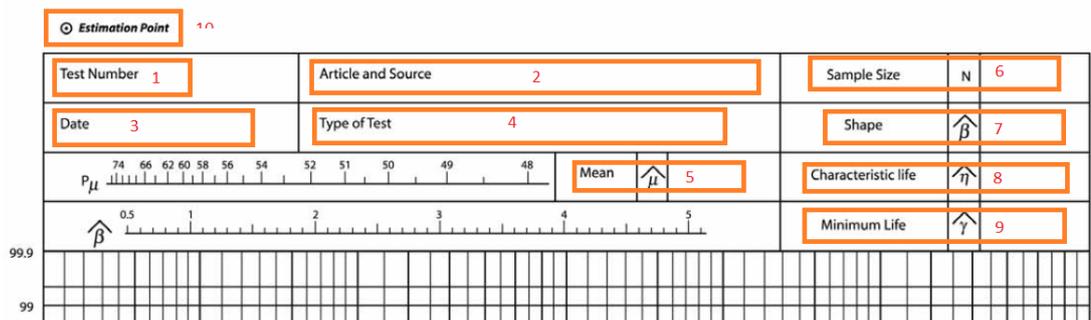


Figura 1. 5 Partes principales de la hoja de Weibull.  
Fuente: (Córdova, 2014)

Para iniciar se tiene valores de muestras de un elemento, mientras mayor sea los valores de prueba, más exactos serán los parámetros. A continuación se calcula los valores del porcentaje de falla mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de falla} = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad (12)$$

Dónde  $i$  será igual al número de la muestra calculada y  $n$  al total de muestras calculadas. Estos valores se grafican en la hoja de Weibull y con una recta se unen la mayor cantidad de puntos graficados.

A continuación se traza una perpendicular desde el punto de referencia o estimación hacia la recta graficada anteriormente, esta recta pasará por los puntos  $\beta$  y  $\gamma$  que se muestran en la figura 4.

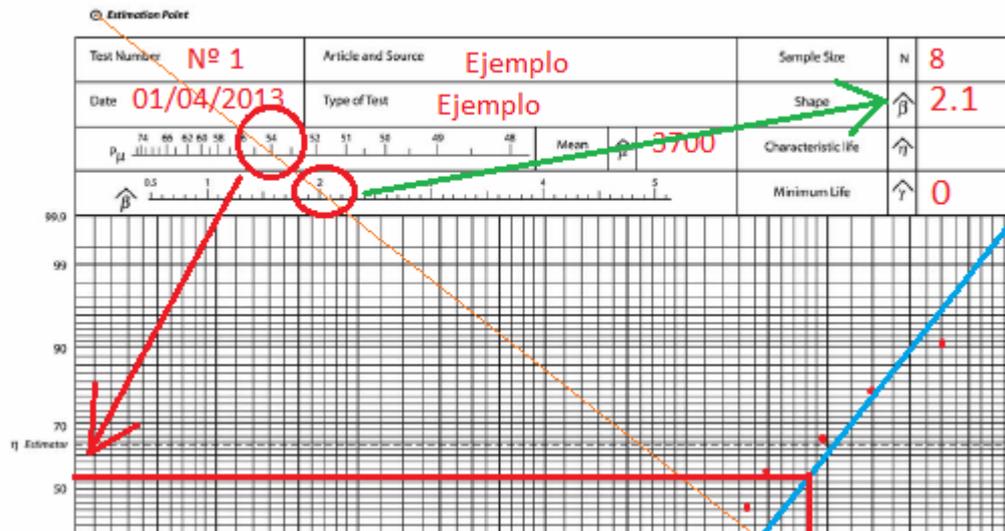


Figura 1. 6 Puntos de referencia en la hoja de Weibull  
Fuente: (Córdova, 2014)

Estos valores estimados permiten calcular la confiabilidad de Weibull, mediante la ecuación 11.

### 1.8.3.2. Método analítico.

Aplicando logaritmos naturales y propiedades exponenciales de los logaritmos se puede representar una ecuación lineal partiendo desde la función acumulativa de Weibull.

$$F(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta\right]}$$

$$\ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t)} \right) \right] = \beta \ln(t - \gamma) - \beta \ln \alpha \quad (13)$$

Esta expresión representa una ecuación lineal de la forma.

$$y = \beta x - b$$

Dónde:



$$Y = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t)} \right) \right] \quad (14)$$

$$X = \ln(t - \delta) \quad (15)$$

$$b = \beta \ln \theta \quad (16)$$

### 1.8.3.3. Método Implícito.

El método implícito se basa en la utilización de fórmulas de varianza y desviación estándar para estimar valores de beta y alfa, para el cálculo de la confiabilidad mediante la ecuación 11.

Inicialmente se debe disponer de horas de funcionamiento del elemento a calcular. Posteriormente, se dispone de una muestra de ocho horas de funcionamiento, estas horas serán ordenadas de forma ascendente como se muestra en la figura 5.

Tabla 1. 6 Horas de funcionamiento para determinar la confiabilidad de Weibull

i	Horas de funcionamiento.
1	168
2	169
3	192
4	218
5	243
6	255
7	270
8	275

Fuente: Autores

A continuación se aplica cada una de las ecuaciones siguientes para estimar los valores de beta y alfa utilizando las horas de funcionamiento (ti).

Fórmula para la media.

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \quad (17)$$

Fórmula para la varianza.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(t_i) - x)^2 \quad (18)$$

Fórmula para la desviación estándar.

$$S = \sqrt{S^2} \quad (19)$$

Beta ( $\beta$ ).

$$\beta = \frac{\pi}{S\sqrt{6}} \quad (20)$$

Alfa.

$$\alpha = \exp \left( x + \frac{0.5772}{\beta} \right) \quad (21)$$



Disponiendo de valores de beta y alfa y con un gamma igual a cero se calcula la confiabilidad mediante la ecuación 11.

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta\right]}$$

Dónde:

t = tiempo en el cual se desea saber la confiabilidad de la máquina.

$\gamma = 0$ .

$\beta$  = mediante ecuación 20.

$\alpha$  = mediante ecuación 21.

## **1.9. Plan de mantenimiento.**

### **1.9.1. Análisis de equipos**

Todo equipo tiene diferente función en un sistema industrial, generando actividades de mantenimiento distintas para cada uno, es por ello que en la actualidad no se puede implementar un solo tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo etc.) para los equipos.

Para optimizar es necesario tener en cuenta una serie de factores como: costo de parada de producción, costo de reparación, seguridad, calidad y mantenimiento. Estos factores permiten determinar tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo (García S. G., 2010).

### **1.9.2. Inventario de maquinaria**

El listado de equipos va ligado directamente con el análisis de equipos, para ello se realiza un inventario de activos de la empresa automotriz.

El inventario se realiza en forma de estructura arbórea, en una industria se puede distinguir los niveles tales como: plantas, áreas, equipos, sistemas, elementos, componentes.

Una empresa se puede trabajar por plantas de producción, estas a su vez se dividen en áreas, las áreas están constituidas por equipos iguales o diferentes, los cuales están compuestos por sistemas, los elementos forman parte del sistema, los componentes son más pequeñas que el elemento (Gamarra, 2004).



### **1.9.3. Codificación de equipos.**

La codificación de equipos es el siguiente paso a seguir luego del inventario de máquinas, esta codificación facilita la localización, referencias en órdenes de trabajos, planos, registros históricos, etc. Básicamente existen dos posibilidades a la hora de codificar:

#### **1.9.3.1. Codificación no significativa.**

Se asigna un número o un código correlativo a la máquina, en donde no aporta ninguna información adicional sobre la maquinaria. Su ventaja es la simplicidad y la brevedad del código; y como desventaja, se presenta la dificultad de ubicar a la maquinaria a través de un código, por lo que siempre se debe llevar consigo una ficha que correlacione la maquinaria con el código (García S. G., 2010).

#### **1.9.3.2. Codificación significativa.**

El código asignado brinda información adicional, aportando información valiosa como: tipo de maquinaria, ubicación y toda información que deseemos incorporar en el código. Sin embargo, el problema es que al añadir mayor información el código aumenta de tamaño (García S. G., 2010).

En el presente trabajo se hizo la codificación significativa aplicando la norma ISO 14224 y realizando ajustes de acuerdo a nuestras necesidades.

La información básica que debe contener el código de un equipo es la siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área a la que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.
- Número de equipo.

### **1.9.4. Recursos necesarios para el mantenimiento.**

Par lograr los objetivos dentro del mantenimiento, es necesario disponer de elementos o recursos (humanos, materiales, financieros) que combinados contribuyan al adecuado funcionamiento de las diferentes maquinarias.

#### **1.9.4.1. Recursos humanos.**

Se determina como un recurso de gran importancia a la hora del mantenimiento, pues se podría tener tecnológicamente la mejor maquinaria, pero si no se cuenta con la



capacitación, motivación y con una buena dirección, no se podría lograr los objetivos planteados (Reyes, 2004).

#### **1.9.4.2. Recursos materiales.**

Son aquellos bienes tangibles que pertenecen a la empresa y los que permiten realizar las diferentes acciones. Estos bienes tangibles pueden ser: edificios, maquinaria, terrenos etc. De igual manera los repuestos, materia prima y herramientas llegan a hacer bienes tangibles (Reyes, 2004).

#### **1.9.4.3 Recursos financieros**

Son los recursos económicos utilizados para la adquisición de materiales, repuestos, herramientas, etc. Además, son indispensables para realizar los diferentes mantenimientos ya sean programados o no (Reyes, 2004).

#### **1.9.5. Modelos para la gestión del plan de mantenimiento**

Una vez se cuenta con el análisis de equipos, inventario de maquinaria, la codificación, recursos necesarios y el análisis del modelo de mantenimiento que más se ajusta a cada equipo, se define el plan de mantenimiento a aplicar en la empresa.

Dicho plan de mantenimiento contiene un conjunto de actividades y tareas de mantenimiento programado, para asegurar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad que se haya establecido.

El plan de mantenimiento puede sufrir modificaciones, debido a que se cuenta con un constante análisis de las incidencias que se va produciendo en la empresa de servicio automotriz.

Existen varias metodologías para la realización del plan de mantenimiento, a continuación se describen tres de ellas y se priorizará en el análisis de fallos, la cual será utilizada para crear el plan de mantenimiento tanto para vehículos y maquinaria de la empresa de servicio técnico.

##### **1.9.5.1. Diagrama de pareto**

El diagrama de pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes en función de su frecuencia de ocurrencia o costo, permitiendo así establecer las prioridades de intervención. (Camisón, Cruz, & González, 2006).



En la figura 6 se puede visualizar una distribución de frecuencia que se basa en el principio de Pareto con una regla de 80/20, indicando que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas.

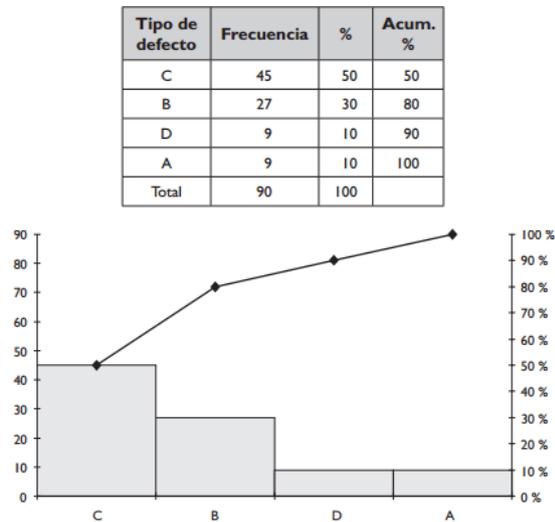


Figura 1. 7 Distribución de frecuencias principio de Pareto.  
Fuente: (Camisón, Cruz, & González, 2006)

### **Diagrama causa – efecto o “espina de pescado”**

Este tipo de diagrama permite recolectar todas las posibles causas de un problema y colocarlas de forma gráfica para así realizar un análisis más completo y definir las mejores decisiones.

Para realizar su construcción se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir y determinar claramente el problema o efecto.
- Identificar los factores o causas que originan el efecto.
- Representación del diagrama.
- Análisis de las relaciones causa – efecto.

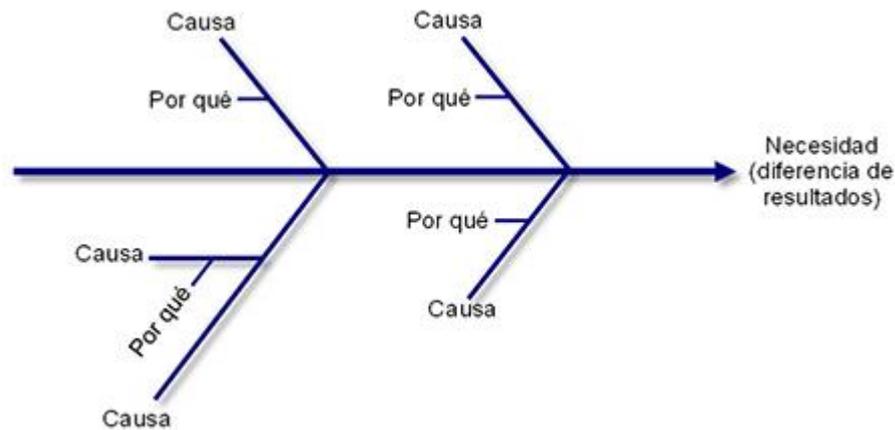


Figura 1. 8 Diagrama causa y efecto “espina de pescado”.  
Fuente: (Camisón, Cruz, & González, 2006).

### 1.9.5.2. Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM como táctica es la más básica de todas, es la pionera en esta rama, sus dos principales propósitos son: elevar la productividad y combinar esfuerzos del personal de producción alrededor del mantenimiento, aglutinando todo el recurso humano alrededor de la gestión y operación del mantenimiento. (Mora, 2005)

El mantenimiento productivo total es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y al personal (desde operadores hasta la alta dirección). Las acciones se cumplen a través de la ejecución de las actividades en pequeños grupos.

#### Fases de implementación.

Existen cuatro etapas para la realización de un plan de mantenimiento mediante la implementación de la filosofía de TPM:

#### Primera fase.- introducción preparación

- Etapa 1. Declaración de introducción de TPM.

La alta dirección de la compañía proclama su decisión de iniciar el proceso de aplicación del TPM.

- Etapa2.- Campaña de educación en TPM.

Se le da entrenamiento al personal de apoyo logístico y se hacen acciones de divulgación para todos los empleados.

- Etapa3.- Formación de comités y equipos TPM.



Se forman comités de promoción de TPM y se establecen los vínculos con otros departamentos de la compañía.

- Etapa.-4 Fijación de principios y metas.

Se hacen comparaciones con otras empresas respecto a las metas y se muestran los logros que se deben alcanzar al final.

- Etapa.-5 Preparación de un plan maestro.

El plan contempla la preparación, la evaluación de metas intermedias y la evaluación de objetivos a lograr al final de la implantación de cada pilar.

### **Segunda fase.- inicio de instrucción**

- Etapa 6.- Inauguración de TPM.

Ceremonia donde participan todos los miembros de la compañía, proveedores, filiales y otros.

La dirección de la compañía declara formalmente el inicio de la implementación.

### **Tercera fase.- Ejecución.**

- Etapa 7.- Establecer un sistema de alto desempeño enfocado a la producción.

Se inicia la realización de los cuatro pilares básicos:

1. Aumentar la eficiencia en los procesos y equipos.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento programado.
4. Capacitación en la operación y mantenimiento de equipos.

- Etapa 8.- Establecer un sistema de administración para la incorporación de nuevos equipos, productos o elementos al sistema TPM.
- Etapa 9.- Establecer un sistema de aseguramiento de la calidad.
- Etapa 10.- Establecer un proceso para mejorar la eficiencia en las áreas de administración y supervisión.
- Etapa 11.- Establecer un sistema de seguridad y la higiene (ISO 18000) y del medio ambiente (ISO 14000).

### **Cuarta fase.- Estabilización.**

- Etapa 12.- Implementación completa de TPM en el logro de las metas propuestas, búsqueda del premio TPM y replantear nuevos objetivos, monitoreo total del plan y aplicación del TPM. (Mora, 2005).



### **1.9.5.3. Análisis de equipos y modos de fallos.**

La realización de un plan de mantenimiento basado en análisis de equipos y modos de fallos puede tomar mucho tiempo, es por ello que se inicia por un plan de mantenimiento inicial o sencillo basándose en instrucciones genéricas como se detallan a continuación:

Para determinar las tareas de mantenimiento programado es muy útil dividir los equipos en sistemas y este a su vez, en elementos que cumplen una determinada función en el equipo.

Estos sistemas pueden ser:

- Sistema de seguridad.
- Sistema de lubricación.
- Sistema eléctrico.
- Sistema mecánico.
- Sistema neumático.
- Sistema hidráulico.
- Sistemas de control.

Existen diversos equipos que no contienen estos sistemas o esta constituidos por otros muy distintos. Es primordial dar una referencia rápida de cómo hacer o qué se debe tener en cuenta para analizar un plan de mantenimiento adecuado (García S. G., 2010).

Es recomendable definir el periodo o intervalo de tiempo de las actividades de mantenimiento a fin de estructurar un cronograma de actividades. Los intervalos de tiempo pueden ser:

- Diaria.
- Semanal.
- Mensual.
- Anual.
- Kilometraje

#### **Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos.**

Fallo funcional. - se define como fallo funcional cuando un equipo deja de cumplir o realizar su función.



Fallo técnico. - este tipo de fallo no impide que el equipo cumpla su función, pero presenta anomalías que pueden incidir en una degradación acelerada del equipo y por tanto dar paso a un fallo funcional.

Las fuentes de información para determinar los fallos y los modos de fallos que pueden presentar un equipo son diversas. Entre las principales podemos citar las siguientes:

- **Histórico de averías.**

Son documentos en los que registran las averías e incidencias que sufrió en el pasado la maquinaria o equipo. Estos documentos son fuentes de información valiosa a la hora de realizar un plan de mantenimiento realmente efectivo.

En muchas de las ocasiones no se cuenta con este tipo de documentación, pero si de verdad se desea hacer un verdadero análisis de fallos, se puede indagar por otros medios como por ejemplo las facturas de repuestos.

- **Personal de mantenimiento.**

Se debe trabajar directamente con las personas encargadas del mantenimiento, para obtener información sobre las incidencias más habituales y cuáles serían las opciones para mitigar dicha problemática. Además, el personal estará involucrado en el plan de mantenimiento y así, la ejecución sería satisfactoria a las metas planteadas.

- **Personal de producción.**

Es el personal que está en contacto directo con la maquinaria, de ahí que ellos aportan información importante sobre los fallos que más lo incomodan.

- **Documentación del equipo.**

La documentación del equipo o dossier de máquina está constituida por información valiosa, una de ellas puede ser el historial de la maquinaria, que con un breve análisis se puede detallar los fallos más habituales y su forma de proceder (García S. G., 2010).

### **Clasificación de fallos**

Cada fallo tiene su consecuencia, lo que conlleva a realizar un estudio para decidir si el fallo debe ser evitado o tan solo se debe buscar formas de amortiguar sus efectos en caso de llegar a producirse.

Existen dos categorías posibles:



- **Fallos a evitar.**

Evitar un fallo implica impedir que se produzca, pero puede ser mucho más costoso que amortiguar o minimizar sus efectos. Esta categoría se aplica únicamente a aquellos fallos cuyas consecuencias derivan en un costo muy elevado.

Los fallos funcionales de los modelos de mantenimiento de alta disponibilidad y modelo de mantenimiento sistemático deben ser evitados.

- **Fallos a amortiguar.**

Amortiguar sus efectos no implica que no deban producirse, sino que sus efectos sean mínimos, por ello es conveniente detectarlos a tiempo antes que tenga incidencia con la producción o implique un alto costo de reparación.

Los fallos técnicos de los modelos de mantenimiento de alta disponibilidad y modelo de mantenimiento sistemático deben ser amortiguados. En tanto que, en el modelo de mantenimiento condicional, los fallos funcionales y técnicos deben ser amortiguados (García S. G., 2010)

### **Determinación de los modos de fallos**

Una avería puede tener múltiples modos de fallos, por ello es muy importante determinar todos los modos posibles, de esta manera se puede realizar un análisis completo y exhaustivo.

Los modos de fallos son circunstancias que acompañan a un fallo concreto en el equipo, sistema funcional del equipo o un elemento.

### **Determinación de medidas preventivas.**

Después de que se identifican los modos de fallos, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permitan evitar la avería o minimizar sus efectos.

Las medidas preventivas que pueden ser tomadas son de cuatro tipos:

- **Tareas de mantenimiento.**

Son las actividades que podemos realizar para cumplir con el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento a su vez pueden ser:

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.



- Verificación del correcto funcionamiento.
- Limpieza técnica condicional.
- Ajustes condicionales.
- Limpieza técnica sistemáticas.
- Ajustes sistemáticos.
- Sustitución sistemática de piezas.
- Grandes revisiones.

- **Mejoras y/o modificaciones de la instalación.**

Cuando se han determinado los fallos, estos pueden prevenirse más fácilmente modificando las instalaciones o introduciendo mejoras que pueden ser:

- Cambios en los materiales.
- Cambios en el diseño de una pieza.
- Instalaciones de sistemas de detección.
- Cambio en el diseño de una instalación.

- **Cambios en los procedimientos de operación.**

El personal tiene una alta incidencia en los problemas que presenta un equipo, encaminando así a un cambio en el procedimiento de operación que generalmente, tiene un costo muy bajo y un beneficio potencial alto.

- **Cambios en los procedimientos de mantenimiento.**

Algunas averías se producen porque varias de las actividades de mantenimiento no se realizan de forma correcta, por ello es conveniente y de gran ayuda redactar procedimientos en los que se indique claramente cómo se deben realizar determinada tarea, facilitando datos técnicos como: tolerancias, ajustes, pares de aprietes, etc. (García S. G., 2010).

### **La mejora continua del plan de mantenimiento**

Un plan de mantenimiento debe estar expuesto a modificaciones cada vez que sea necesario. A medida que se lleva a cabo el plan de mantenimiento y se realizan sus distintas actividades, se detectan mejoras que se pueden incluir en el plan de mantenimiento. De igual manera, en el análisis de determinadas averías se pueden definir modificaciones en las tareas, nuevas tareas o modificación de frecuencia de mantenimiento, para evitar que determinados fallos se repitan (García S. G., 2010).



### **1.10. Gestión de mantenimiento asistido por ordenador.**

Debido a la cantidad de información cotidiana que se puede acumular en el área de mantenimiento, la tendencia general de los departamentos de mantenimiento de grandes industrias es hacia la informatización (García S. G., 2010).

La gestión de mantenimiento asistido por ordenador puede generar ventajas y desventajas tales como (Gamarra, 2004):

Ventajas:

- Control de actividades de mantenimiento, generando un orden adecuado en la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Facilidad para la consulta del historial del equipo.
- Disponibilidad de información rápida (estado de órdenes de trabajo, disponibilidad, mantenibilidad, y confiabilidad) del equipo.
- Mejorar la eficiencia con la reducción de costos de mantenimiento (mano de obra, materiales, repuestos).
- Realizar mantenimientos programados.

Desventajas:

- Aumento del personal indirecto o dedicado a tareas improductivas.
- Alta inversión inicial, tanto en equipos, programa y en mano de obra para la implementación.

Los programas utilizados para la gestión del mantenimiento pueden estar diseñados para cubrir diferentes necesidades, por eso es importante identificar el que mejor se acople a nuestra empresa (Gamarra, 2004).

Los programas pueden estar subdivididos en categorías como:

- Programas de gestión de mantenimiento. - su función fundamental es llevar informáticamente la función de mantenimiento, sus gastos de mano de obra, material y el stock de repuestos.
- Programas de ayuda a la decisión y a la optimización de las funciones preventivas, que permiten decidir las acciones y la frecuencia de ejecución.
- Programas de ayuda a la explotación de los equipos que utilizan informaciones de disponibilidad y de ayuda al diagnóstico.



### **1.11. Conclusiones.**

- Existen distintas filosofías para la implementación de un plan de mantenimiento, por lo tanto es prioridad ejecutar un estudio para la selección correcta de la metodología que se debe aplicar en una empresa que prestara el servicio de mecánica rápida, enllantaje, balanceo, alineación y distribución de neumáticos. Por ejemplo, las empresas aeronáuticas trabajan con un mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM; la cual se base en determinar una alta confiabilidad a sus unidades con el fin de garantizar cero accidentes y alargar la vida útil.
- Otro ejemplo muestra a la Corporación Petrolera Estatal Venezolana (PDVSA) que de igual manera aplica las filosofía RCM conjugado con el TPM (Mantenimiento Productivo Total), analizando la criticidad de sus equipos mediante 4 factores: seguridad, costo de mantenimiento, calidad y producción. Con ello definen el plan de mantenimiento para lograr que el 78,4% sean actividades preventivas y el 21, 6 % sean actividades correctivas.
- En base al análisis realizado de las diferentes metodologías de gestión de mantenimiento, sus aplicaciones y resultados obtenidos en diferentes estudios. A partir de esta información determinamos que se debe seguir una estructura arbórea que inicia con el planteamiento de políticas y objetivos; posteriormente realizar un análisis de criticidad en equipo con el cual se puede determinar una planeación diaria, semanal, mensual, etc. Finalmente, se efectúa un estudio de fallos conjugados con la estimación de indicadores como: disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad. Con este análisis a futuro se puede reestructurar o adaptar el plan de mantenimiento según las necesidades que se presenten en la empresa.



## 2. CAPÍTULO II.

### LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

#### 2.1. Análisis de la situación actual de una empresa automotriz de servicio de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de neumáticos.

Para realizar el análisis de la situación actual, es necesario un levantamiento de información, el cual permita obtener datos sobre cantidad, estado, ubicación de cada uno de los vehículos y maquinaria de la empresa automotriz dedicada a la distribución de neumáticos, alineación, balanceo y enllantaje de vehículos.

En el levantamiento de información se determinan los parámetros que serán adicionados a las fichas técnicas de mantenimiento, teniendo en cuenta que estos valores servirán para organizar el plan de mantenimiento, además se asigna una codificación a las máquinas.

#### 2.2. Codificación.

La codificación es un medio empleado para identificar equipos y maquinaria. En nuestro estudio se realizó una codificación de manera significativa o inteligente, adaptándola a nuestras necesidades y con la aplicación de la norma ISO 14224, administrando una estructura con la información básica y necesaria para la empresa:

- Planta perteneciente
- Sucursal perteneciente (ubicación)
- Nombre de la máquina
- Número representativo de la maquinaria

Para la planta se asignó con una letra “M” a todos los equipos o máquinas que están a cargo del área de servicio técnico.

Para la sucursal se distingue con 2 números, estos representan la ubicación del equipo o la máquina, la tabla 2.1 muestra las sucursales de una empresa automotriz de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de llantas, con su respectiva numeración.

Tabla 2. 1 Codificación sucursal empresa de servicio automotriz.

Número de sucursal	Nombre sucursal
01	Arenal
02	Azogues
03	Cañar
04	Don Bosco



05	Gran Colombia
06	Gualaceo
07	Loja la Pileta
08	Macas
09	Machala
10	Machala Truck
11	Milchichig
12	Remigio Crespo
13	Riobamba
14	Troncal
15	Truck Center
16	Truck Center Loja
17	Parque Industrial

Fuente: Autores

Para la codificación del nombre de la máquina se utiliza las 2 primeras letras de cada maquinaria y en los casos donde la máquina tenga más de una palabra se empleó la inicial de la primera palabra y la inicial de la segunda palabra, logrando así distinguir cada una de ellas, en la tabla 2.2 se detalla cada una de las máquinas y su respectivo código.

Tabla 2. 2 Codificación nombre maquinaria

Código máquina	Nombre máquina
AL	Alineadora
LI	Limpiador de inyectores
EL	Elevador
RD	Rectificador de discos
BA	Balanceadora
EN	Enllantadora
CA	Cargador Aire acondicionado
CO	Compresor
GN	Generador de nitrógeno

Fuente: Autores

El número representativo de la maquinaria es de tres dígitos donde únicamente representa el número total de maquinarias de la empresa de servicio.

Al finalizar la codificación se obtiene la designación para cada máquina como se indica en la tabla 2.3 con un ejemplo. El detalle completo de códigos y maquinarias se indica en el anexo 1.



Tabla 2. 3 Codificación completa de la máquina

<b>Primera Letra</b>	<b>Primer número</b>	<b>Segunda y tercera letra</b>	<b>Segundo número</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
M	01	EL	001		
Maquinaria	Sucursal "Arenal"	Elevador	Máquina número 1	M01EL001	Máquina elevador ubicada en la sucursal del arenal con el número representativo 001

Fuente: Autores

### **2.3. Levantamiento de información de la maquinaria automotriz.**

El levantamiento de datos técnicos de la maquinaria automotriz de la empresa que brinda servicio de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de neumáticos, debe contar con las especificaciones del fabricante y así poder realizar de forma correcta un plan de mantenimiento.

En primera instancia, se realiza un análisis de los activos de maquinaria de la empresa, para así conocer el número de equipos o maquinaria a los que se procederá a levantar la información.

En la tabla 2.4 se indica los parámetros que se tendrán en consideración en el levantamiento de información.

Tabla 2. 4 Parámetros para el levantamiento de información de la maquinaria.

<b>Parámetro</b>	<b>Función</b>	<b>Observaciones</b>
Ubicación o sucursal	Indica el lugar donde se encuentra la maquinaria.	Una empresa automotriz puede tener diferentes sucursales y en cada una de ellas disponer de diferentes maquinarias.



Descripción	Permite especificar la finalidad de la maquinaria.	Ayuda a la clasificación de las máquinas y además servirá para elaborar los mantenimientos.
Marca	Indica el fabricante de la maquinaria.	Disponer de las marcas que son utilizadas dentro de la empresa con ello contar con manuales de los fabricantes.
Modelo	Indica las variantes de las maquinarias de una marca específica.	Sirve para determinar repuestos y elementos estructurales de la maquinaria.
Año de fabricación.	Indica el año de ensamblaje de la máquina.	Permite llevar el registro de la depreciación de la máquina.
País de origen	Indica donde fue ensamblada la máquina.	Ayuda a establecer la procedencia de las diferentes maquinarias.
Serial	Parámetro para registro único de la maquinaria.	Brinda información correspondiente a: Año de fabricación, semana, identificador, modelo.

Fuente: Autores

En la tabla 2.5 se puede visualizar un ejemplo obtenido en el levantamiento de información para la maquinaria; el área de servicio técnico facilitó un 37% de estos datos y los restantes se obtuvieron de forma personal, observando algunas de las sucursales de la empresa que brinda servicio de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de neumáticos.

En anexo 1 se podrá contemplar la tabla completa del levantamiento de información para la maquinaria.



Tabla 2. 5 Ejemplo del levantamiento de información de la maquinaria

<b>Ubicación o sucursal</b>	Arenal	Azogues	Cañar	Gran Colombia
<b>Descripción</b>	Alineadora	Elevador	Balanceadora	Equipo de aire acondicionado
<b>Marca</b>	John Bean	Gotten	Coats	Bosch
<b>Modelo</b>	EEWA544AL	CPAC	950S	ACS 751
<b>Año de fabricación.</b>	2014	2004	2007	2013
<b>País de origen</b>	EEUU	EEUU	EEUU	India
<b>Serial</b>	V35HH003	0508001	0712301723	430234636
<b>Código</b>	M01AL001	M02EL015	M03BA020	M05CA033

Fuente: Autores.

#### **2.4. Levantamiento de información de la flota vehicular.**

Se observa la necesidad de realizar una tabla, donde se consideraron los datos más importantes para la flota vehicular dentro de una empresa que brinda servicio de alineación, balanceo, enllantaje y distribución de neumáticos, en la misma se describe cada uno de los parámetros empleados en el levantamiento de información, en la tabla 2.6 se aprecia los parámetros para la flota vehicular.

Tabla 2. 6 Parámetros para el levantamiento de información de la flota vehicular

<b>Parámetro</b>	<b>Función</b>	<b>Observaciones</b>
Ubicación o sucursal	Indica el lugar donde se encuentra el vehículo.	Una empresa automotriz puede tener diferentes sucursales y en cada una de ellas disponer de diferentes vehículos.
Conductor del vehículo	Persona encargada de conducir el vehículo.	La persona encargada de llevar el control de mantenimiento a realizarse en los vehículos.



Placa	Es la identificación del vehículo dentro del país además brinda información como: mes de matriculación, la ciudad donde fue su primera matrícula, etc.	Se utilizará como código en el plan de mantenimiento.
Marca	Indica el fabricante del vehículo.	Disponer de las marcas que son utilizadas dentro de la empresa con ello contar con manuales de los fabricantes.
Tipo de vehículo	Permite distinguir entre camión, camioneta, bus, etc.	Ayuda a seleccionar el taller automotriz adecuado ya que no siempre se trabaja con todo tipo de vehículo.
Año de fabricación.	Indica el año de ensamblaje del vehículo.	Permite llevar el registro de la depreciación del vehículo.
Modelo	Indica las variantes de vehículos de una marca específica.	Sirve para determinar repuestos y elementos estructurales del vehículo.
Combustible	Indica el combustible con el cual trabaja el vehículo.	Permite clasificar y ordenar los vehículos dependiendo del tipo de combustible.
País de origen	Indica donde fue ensamblado el vehículo.	Dato necesario en la matrícula.
Número de motor	Parámetro para registro único del vehículo.	Brinda información correspondiente a: país de fabricación, fabricante, tipo de vehículo, tipo de



		(motor, frenos, serie, carrocería), dígito verificador, año de fabricación, planta de producción, número de secuencia de producción.
Número de chasis	Parámetro para registro único del vehículo.	Brinda información correspondiente a: país de origen, fabricante, carrocería, equipamiento de seguridad, año de fabricación, local de fabricación, modelo, dígito verificador y número de serie de vehículo
Color	Indica el color del vehículo.	Evita falsificación al momento de la matrícula.
Cilindraje	Indica la capacidad volumétrica del motor.	Permite la clasificación de los vehículos.

Fuente: Autores

En la tabla 2.7 se indica un ejemplo obtenido en el levantamiento de información para la flota vehicular; el área de servicio técnico facilitó el 52% de estos datos y el resto de información se obtuvo de forma personal observando algunas de las sucursales de la empresa que brinda servicio de alineación, balanceo, enlantaje y distribución de neumáticos.

En anexo 2 se podrá contemplar la tabla completa del levantamiento de información para la flota vehicular.

Tabla 2. 7 Ejemplo del levantamiento de información de la flota vehicular.

<b>Ubicación o sucursal</b>	Milchichig	Riobamba	Cañar	Macas
<b>Responsable de vehículo</b>	Jaime Ríos	Sandra Batallas	Marcelo Narváez	José Macas



<b>Placa</b>	ABC7634	AGJ0608	AGE0130	ABE6746
<b>Marca</b>	Kia	Hyundai	Chevrolet	Jac
<b>Tipo de vehículo</b>	Jeep	Camión	Camioneta	Camión
<b>Año de fabricación.</b>	2013	2009	2009	2014
<b>Modelo</b>	Sorento GSL TA 3.5 5p 4x2	Porter Turbo HEH74C855 DD117 2.5 4x2 Diésel	Luv D-Max 2.5 l Diésel 4x2	HFC1040k225 2p 4x4
<b>Combustible</b>	Gasolina	Diésel	Diésel	Diésel
<b>País de origen</b>	Corea del Sur	Corea del Sur	Ecuador	China
<b>Numero de motor</b>	G6DCCS8041 70	D4BH8068330	4JA1662841	D4093276
<b>Numero de chasis</b>	knakt813bd53 29792	kmfzbn7hp9u4 56549	8lbdtf41090000 190	lj11kbac2f800 0039
<b>Color</b>	Plateado	Azul	Blanco	Blanco
<b>Cilindraje</b>	3500 cc	2500 cc	2500 cc	2500 cc

Fuente: Autores

### 2.5. Conclusiones.

- Con la aplicación de la codificación significativa en base a la norma ISO 14224, nos permite esbozar un registro real de los bienes que tiene la empresa con su respectivo código. Además permite organizar las diferentes áreas. Para determinar la codificación de los bienes de la empresa se debe analizar distintos criterios por parte del equipo de mantenimiento que les permita implementar la codificación en base a criterios como: marca, año, tipo de energía que utiliza, color, etc. Con la información obtenida de máquinas y vehículos facilita el análisis de criticidad, análisis de fallo y modos de fallos de cada uno de los sistemas que constituyen el equipo. Esto permite elegir el tipo de mantenimiento que se debe realizar, logrando evitar las paradas no programadas de los equipos.



### 3. CAPÍTULO III.

#### IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.

##### 3.1. Análisis del plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento es elaborado mediante el método de análisis de equipos y modos de fallo que se expuso en el Capítulo I, este método permite separar las diferentes máquinas y vehículos en sistemas, para la aplicación de una matriz de criticidad se puede disponer de un modelo de mantenimiento para cada máquina y vehículo que disponga la empresa.

A continuación mediante los modos de falla sean estos funcionales o técnicos se realizó un listado de las falencias que se pueden encontrar en cada uno de los sistemas y a su vez determinar las tareas de mantenimiento para evitar o amortiguar el fallo, con la aplicación de algunos conceptos sobre el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

##### 3.2. Plan de mantenimiento para los sistemas vehiculares.

El plan de mantenimiento propuesto, necesita en primera instancia una selección de la criticidad de cada uno de los sistemas con los que está constituido un vehículo, en la tabla 3.1 se aprecia los sistemas en los que fue dividido el vehículo para realizar la criticidad.

Tabla 3. 1 Sistemas del vehículo para realizar el plan de mantenimiento.

<b>Sistemas del vehículo</b>
Sistema de frenado
Sistema de suspensión
Sistema de dirección
Sistema eléctrico
Sistema de encendido
Sistema de inyección
Sistema de refrigeración
Sistema de lubricación
Sistema de distribución
Sistema de transmisión
Sistema de iluminación

Fuente: Autores

##### 3.2.1. Análisis de criticidad de sistemas vehiculares.

Con la utilización de la matriz de criticidad de Santiago Garrido adaptamos la tabla 3.2 la cual se aprecia a continuación. Para el caso de los sistemas del vehículo se eliminó las columnas de calidad y producción, debido a que los vehículos no brindan



un servicio donde se puede analizar estos aspectos, al contrario se aplica para la reducción de costos de mantenimiento y para el mejoramiento en la seguridad y el medio ambiente, este análisis de criticidad permite determinar el modelo de mantenimiento que se debe seguir para cada uno de los sistemas.

Tabla 3. 2 Matriz de criticidad para los sistemas vehiculares.

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Seguridad y medio ambiente</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>(A) Critico</b>	Daño grave a la salud del personal, incidencia ambiental mayor.	Costo de mantenimiento incluyendo repuesto supera el 75% del costo del equipo
<b>(B) Importantes</b>	Incidencia ambiental menor y daños menores a la salud del personal	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos entre el 25% y 45% del costo del equipo
<b>(C) Prescindible</b>	No existen riesgos de salud o daños ambientales.	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos por debajo del 10% del costo del equipo

Fuente: Autores

En la tabla 3.3 se aprecia cada sistema del vehículo con su respectiva matriz de criticidad, además del modelo de mantenimiento que es recomendado seguir. Estos modelos de mantenimiento son recomendados tanto para vehículos a diésel como para gasolina, lo que difiere son las tareas de mantenimiento con respecto a sistemas como el de inyección de combustible.

Tabla 3. 3 Sistemas vehiculares con su modelo de mantenimiento.

<b>Vehículo</b>	<b>Matriz de criticidad</b>			<b>Categoría</b>	<b>Modelo de mantenimiento</b>	
<b>Sistema de frenado</b>		3	2	1	<b>A</b>	<b>Modelo programado de alta disponibilidad</b>
	<b>Seguridad</b>	1				
	<b>Mantenimiento</b>		1			
	<b>Total</b>	1	1			
<b>Sistema de suspensión</b>		A	B	C	<b>B</b>	<b>Modelo correctivo</b>
	<b>Seguridad</b>		1			
	<b>Mantenimiento</b>		1			
	<b>Total</b>		2			



Sistema de dirección		A	B	C	B	Modelo correctivo
	Seguridad		1			
	Mantenimiento		1			
	Total		2			
Sistema eléctrico		A	B	C	A	Modelo programado Sistemático
	Seguridad	1				
	Mantenimiento		1			
	Total	1	1			
Sistema de encendido		A	B	C	B	Modelo correctivo
	Seguridad		1			
	Mantenimiento			1		
	Total		1	1		
Sistema de Inyección		A	B	C	A	Modelo programado sistemático
	Seguridad		1			
	Mantenimiento	1				
	Total	1	1			
Sistema de refrigeración		A	B	C	A	Modelo programado sistemático
	Seguridad	1				
	Mantenimiento	1				
	Total	2				
Sistema de lubricación		A	B	C	A	Modelo programado sistemático
	Seguridad	1				
	Mantenimiento			1		
	Total	1		1		
Sistema de distribución		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad	1				
	Mantenimiento		1			
	Total	1	1			
Sistema de Transmisión		A	B	C	B	Modelo correctivo
	Seguridad		1			
	Mantenimiento		1			
	Total		2			
Sistema de iluminación		A	B	C	A	Modelo programado sistemático
	Seguridad	1				
	Mantenimiento		1			
	Total	1	1			

Fuente: Autores

Para el caso de motocicletas los sistemas de refrigeración y distribución no existen, por consiguiente no son considerados para el análisis de criticidad, además los sistemas restantes son considerados de la misma manera mediante el análisis de la seguridad y costos de mantenimiento la diferencia estará en el análisis de modos de falla.

### 3.2.2. Análisis de fallas y modos de falla.

En la tabla 3.4 se aprecia la descripción de los modos de falla con respecto a su tipo ya sea este funcional o técnico, en la tabla se describe solamente de un sistema del



vehículo, los demás modos de falla se aprecian en el anexo 3. Para la realización de estas tablas se utilizó manuales de mantenimiento, trabajos realizados en horarios de clase sobre mantenimiento y además la practicas empíricas, el plan de mantenimiento extenso no puede ser bien desarrollado es por ello que inicialmente introduciremos estos modos de falla para luego de aplicado el plan este pueda variar con el aumento o la eliminación de tareas que fueran necesarias.

La clasificación puede ser evitar o amortiguar el modo de fallo, esto depende del modelo de mantenimiento que se utiliza en los diferentes sistemas y si el fallo es funcional o técnico.

Tabla 3. 4 Descripción modos de falla del sistema de dirección

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema de dirección hidráulico	Funcional	No tiene dirección	Por falta de liquido	Evitar
				Por rotura de barras de dirección	Evitar
				Fallos en bomba hidráulica	Evitar
				Rotura de conductos	Evitar
		Técnico	Fuga de aceite	Fuga por retenedores de bomba hidráulica	Amortiguar
				Fuga por retenedores de cremallera de dirección.	Amortiguar
				Fuga por conductos.	Amortiguar
			Vehículo sin control de dirección.	Desgaste terminal de dirección	Amortiguar
				Desgaste cremallera o	Amortiguar



				caja de dirección	
				Desgaste de articulación es o tirantería de dirección.	Amortiguar
				Alineación incorrecta.	Amortiguar

Fuente: Autores

### 3.2.3. Tareas de mantenimiento.

Para las tareas de mantenimiento se utiliza la descripción de los modos de fallo y las posibles soluciones, en la tabla 3.5 se detalla cada uno de los modos de falla con sus respectivas tareas de mantenimiento para el sistema de dirección, los demás sistemas se aprecian en el anexo 3.

Tabla 3. 5 Tareas de mantenimiento del sistema de dirección.

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de dirección hidráulico	No tiene dirección	Por falta de aceite hidráulico	Reposición de aceite hidráulico
			Sustituir líquido hidráulico
		Por rotura de barras de dirección	Sustituir barras de dirección
		Fallos en bomba hidráulica	Sustituir bomba hidráulica
		Rotura de conductos	Sustituir conductos
	Fuga de aceite	Fuga por retenedores de bomba hidráulica	Cambio de retenedores
		Fuga por retenedores de cremallera de dirección.	Sustituir kit de cremallera
		Fuga por conductos.	Revisión visual de fugas por conductos
			Apriete de cañerías y bridas.



	Vehículo sin control de dirección.	Desgaste terminal de dirección	Apriete de dirección Sustituir terminal de dirección
		Aceite en mal estado	Sustituir liquido hidráulico
		Desgaste cremallera o caja de dirección	Arreglo de bujes o acoples de dirección
		Desgaste de articulaciones o tirantería de dirección.	Apriete de articulaciones o tirantería de dirección
		Alineación incorrecta.	Alinear, balanceo de neumáticos

Fuente: Autores

### 3.2.4. Periodicidad de tareas de mantenimiento.

Para los vehículos se estableció la periodicidad dependiendo del kilometraje, en la tabla 3.6 se detalla los kilometrajes de mantenimiento del sistema de dirección. Los restantes sistemas se aprecian en el anexo 3.

Tabla 3. 6 Periodicidad de mantenimientos del sistema de dirección.

Sistema	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Sistema de dirección	Diaria	Revisión de nivel de aceite hidráulico Revisión de ruidos en el sistema de dirección
	10000 Km	Alinear, balanceo de neumáticos Revisión visual de fugas por conductos Apriete de articulaciones o tirantería de dirección Apriete de cañerías y bridas.
	30000 Km	Arreglo de bujes o acoples de dirección
	50000 Km	Sustituir terminal de dirección Sustituir barras de dirección Sustituir liquido hidráulico Sustituir conductos



	90000 Km	Sustituir kit de cremallera Cambio de retenedores de bomba hidráulica Sustituir bomba hidráulica Sustituir cremallera
--	----------	--

Fuente: Autores

Con los periodos y las tareas de mantenimiento de cada uno de los sistemas se realiza la planeación para la ejecución de cada una de ellas, en la tabla 3.7 se aprecia la planeación de los sistemas del vehículo para los 100.000 Km.



Tabla 3. 7 Planeación de mantenimiento para 100.000 Km para vehículos.

Actividades	x 1.000 km																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Sistema de frenado		R		R		R		R		R		R		R		R		R		R
Sistema de suspensión		R		R		R		R		R		R		R		R		R		R
Sistema de dirección		R		R		R		R		R		R		R		R		R		R
Sistema eléctrico				R				R				R				R				R
Sistema de encendido					R					R					R					R
Sistema de alimentación					R					R					R					R
Sistema de refrigeración					R					R					R					R
Sistema de lubricación	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Sistema de distribución										R										R
Sistema de transmisión						R								R					R	
Sistema de iluminación				R				R						R					R	

Fuente: Autores



### 3.3. Plan de mantenimiento para la maquinaria.

Como se diferencia en el levantamiento de información se tiene nueve tipos de máquinas disponibles en la empresa automotriz. En la tabla 3.8 se tiene el listado de las maquinarias, a diferencia de los vehículos para la maquinaria se realiza la selección de criticidad mediante el nombre de cada una de ellas.

Tabla 3. 8 Máquinas para la selección de criticidad.

<b>Nombre máquina</b>
Alineadora
Limpiador de inyectores
Elevador
Rectificador de discos
Balanceadora
Enllantadora
Cargador Aire acondicionado
Compresor
Generador de nitrógeno

Fuente: Autores

#### 3.3.1. Análisis de criticidad maquinarias.

Con la utilización de la matriz de criticidad de Santiago Garrido adaptamos la tabla 3.9 la cual se aprecia a continuación. Para el caso de la maquinaria se utiliza los cuatro aspectos que son: producción, calidad, mantenimiento y seguridad, debido a que todos ellos influyen en la criticidad de la máquina con respecto a la empresa. Esto explica que el tener máquinas con bajo costo de mantenimiento debe tener una calidad muy crítica para el servicio que la máquina preste, con el análisis de criticidad se permite determinar el modelo de mantenimiento que se debe seguir para cada máquina.

Tabla 3. 9 Análisis de criticidad para la maquinaria.

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Seguridad y medio ambiente</b>	<b>Producción</b>	<b>Calidad</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>(A) Crítico</b>	Daño grave a la salud del personal, incidencia ambiental mayor.	Pérdidas de producción superiores al 75%.	Insatisfacción del 75% de los usuarios.	Costo de mantenimiento incluyendo repuesto supera el 75% del costo del equipo



<b>(B) Importantes</b>	Incidencia ambiental menor y daños menores a la salud del personal	Pérdidas de producción entre 25% y 45%.	Insatisfacción de 25% al 45% de los usuarios	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos entre el 25% y 45% del costo del equipo
<b>(C) Prescindible</b>	No existen riesgos de salud o daños ambientales.	Pérdidas de producción menor al 10 %.	Insatisfacción del 10 % de los usuarios.	Costo de mantenimiento incluyendo repuestos por debajo del 10% del costo del equipo

Fuente: Autores

En la tabla 3.10 se aprecia cada máquina con su respectiva matriz de criticidad además el modelo de mantenimiento que es recomendado seguir.

Tabla 3. 10 Matriz de criticidad con su modelo de mantenimiento.

Maquinaria	Matriz de criticidad				Categoría	Modelo de mantenimiento
Alineadora		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad			1		
	Producción		1			
	Calidad	1				
	Mantenimiento		1			
	Total	1	2	1		
Limpiador de inyectores		A	B	C	B	Modelo correctivo
	Seguridad			1		
	Producción			1		
	Calidad		1			
	Mantenimiento		1			
	Total		2	2		
Elevador		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad	1				
	Producción			1		
	Calidad			1		
	Mantenimiento		1			
	Total	1	1	2		
Rectificar de discos		A	B	C	A	Modelo programado sistemático
	Seguridad	1				
	Producción		1			
	Calidad	1				
	Mantenimiento		1			
	Total	2	2			



Balanceadora		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad	1				
	Producción	1				
	Calidad	1				
	Mantenimiento	1				
Total	4					
Enllantadora		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad	1				
	Producción	1				
	Calidad	1				
	Mantenimiento	1				
Total	4					
Cargador de sistema de aire acondicionado		A	B	C	A	Modelo programado condicional
	Seguridad	1				
	Producción		1			
	Calidad		1			
	Mantenimiento		1			
Total	1	3				
Compresor		A	B	C	A	Modelo programado alta disponibilidad
	Seguridad		1			
	Producción	1				
	Calidad		1			
	Mantenimiento		1			
Total	1	3				
Generador de nitrógeno		A	B	C	B	Modelo correctivo
	Seguridad		1			
	Producción		1			
	Calidad		1			
	Mantenimiento		1			
Total		4				

Fuente: Autores

### 3.3.2. Análisis de fallas y modos de falla.

Para realizar el análisis de fallas en la maquinaria se inicia descomponiendo las máquinas en sistemas, particularizados en la tabla 3.11. En esta tabla se aprecia la descripción de los modos de falla con respecto a los sistemas de una máquina alineadora, las máquinas restantes se aprecian en el anexo 4. Para la elaboración de estas tablas se utilizó manuales de mantenimiento y además de las practicas empíricas, el plan de mantenimiento extenso no puede ser bien desarrollado, es por ello que inicialmente introduciremos estos modos de falla para luego de aplicado el plan este se pueda variar con el aumento o la eliminación de tareas que fueran necesarias.

La clasificación puede ser evitar o amortiguar el modo de fallo, esto depende del modelo de mantenimiento que se utiliza en los diferentes sistemas y además si el fallo es funcional o técnico.

Tabla 3. 11 Modos de fallo de la máquina alineadora.

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Alineadora	Sistema eléctrico	Funcional	Alineadora sin corriente	Cableado deteriorado	Evitar
				Fusibles quemados	Evitar
				Baterías descargadas	Evitar
				Perdida de señal	Evitar
	Técnico	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Amortiguar	
			Elementos de instalación incorrectos	Amortiguar	
	Sistemas de control	Funcional	Sistema computacional no responde	Falta de actualización de software	Evitar
		Técnico	Fallo computacional	Computadora con daños	Amortiguar

Fuente: Autores

### 3.3.3. Tareas de mantenimiento.

Para las tareas de mantenimiento se utiliza la descripción de los modos de fallo y las posibles soluciones, en la tabla 3.12 se detalla cada uno de los modos de falla con sus respectivas tareas de mantenimiento para la alineadora, las máquinas restantes se aprecian en el anexo 4.

Tabla 3. 12 Tareas de mantenimiento para la máquina alineadora.

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema eléctrico	Alineadora sin señal	Cableado deteriorado	Revisión del cableado
			Revisión de socket y terminales



		Fusibles quemados	Revisión de los fusibles
		Baterías descargadas	Revisión y recarga de batería
		Perdida de señal	Limpieza de sensores
	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	controlar las tomas de la red y conexiones
Sistemas de control	Sistema computacional no responde	Falta de actualización de software	Realizar actualización de la base de datos
	Fallo computacional	Computadora con daños	Chequeo general del sistema informático

Fuente: Autores

### 3.3.4. Periodicidad de tareas de mantenimiento.

La periodicidad de mantenimientos para las diferentes máquinas se trabaja mediante fechas donde se pueden tener tareas mensuales, trimestrales y anuales. En la tabla 3.13 se detalla los mantenimientos del sistema de dirección, los sistemas restantes se describen en el anexo 4.

Tabla 3. 13 Periodicidad de mantenimiento de la máquina alineadora.

Maquinaria	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Alineadora	Diaria	Limpieza de los sensores con un paño seco, suave y antiestético. Revisión de carga de los sensores.
	Semanal	Revisión y control de la toma red y demás conexiones. Revisión y control de sockets y terminales.
	Mensual	Revisión del sistema de cableado. Revisión del estado de fusibles.
	Anual	Actualización del software o la base de datos. Chequeo general del sistema informático.

Fuente: Autores



Todos los cuadros de planeación corresponden al plan de mantenimiento, además se debe tener en cuenta las tareas diarias y semanales que no constan en la planeación pero deben ser realizadas ya sea por el conductor del vehículo o el operario de la máquina.

#### **3.4. Fichas técnicas de información.**

Estas fichas se realizan para que la información llegue a los supervisores, técnicos, jefes de taller o cualquier otra persona que necesite información, siempre que tenga una relación directa con el departamento de mantenimiento.

Internamente las fichas están compuestas por tres partes: encabezado, datos de fabricante y datos generales o información adicional, se realizan fichas de información correspondientes a: orden de trabajo, orden de compra, solicitud de compra, mantenimiento externo y fichas de registro de mantenimiento.

Las fichas de información están a disposición en Anexo 5.

#### **3.5. Conclusiones.**

- Se demostró que la metodología de mantenimiento aplicada por Santiago Garrido con nociones de RCM es aplicable para la gestión de mantenimiento de los sistemas, equipos o bienes de cualquier empresa indistintamente cual sea el servicio prestado. En nuestro caso se aplicó para el análisis de fallas de equipos, este método permite la aplicación de un plan de mantenimiento con un historial cero y un análisis de los sistemas ya sean hidráulico, neumático, entre otros. Además permite englobar el mayor número de fallos determinando una periodicidad correcta y ajustada a las políticas y objetivos de la empresa
- En nuestro estudio no se pudo determinar el sistema principal de los equipos con mayor frecuencia de fallas, debido a que nuestro modelo se aplicó a una empresa que no lleva un registro o historial de fallos.
- Con el análisis de criticidad del modelo de Santiago Garrido se determina que el 63.63 % de los sistemas del vehículo tienen un modelo de mantenimiento programado en base a diferentes criterios como: seguridad y costos de mantenimiento (estos pueden variar según el equipo que sea analizado y los criterios del área de servicio técnico). Es decir, estos



sistemas necesitan una implementación de un plan de mantenimiento programado donde dependiendo de los objetivos de la empresa, se pueda determinar un porcentaje de disponibilidad en un vehículo. Para las máquinas se establece que el 77.77 % necesitan un plan de mantenimiento programado.

- Las fichas técnicas de información juegan un papel preponderante en el plan de mantenimiento siempre y cuando se dé el uso y registro adecuado de las mismas, deben estar llenadas con un lenguaje técnico de fácil interpretación para el área de servicio técnico y además se debe socializar su interpretación con todo el personal involucrado en el plan de mantenimiento, mejorando la comunicación entre los diferentes departamentos. Finalmente se debe almacenar física y digitalmente para llevar un registro de cada equipo donde involucre fallas, tiempos de reparación, observaciones, recomendación creando así un dossier de máquina completo.



## **4. CAPÍTULO VI.**

### **PROGRAMA COMPUTACIONAL.**

#### **4.1. PROGRAMA COMPUTACIONAL DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA (“PCMVM 2017”).**

Se presenta un software de mantenimiento realizado en el lenguaje de programación visual Basic 6.0 (2015), el mismo trabaja con una base de datos almacenado en el programa SQL server 2014.

El software de mantenimiento está diseñado para trabajar con una flota vehicular y maquinaria activa en una empresa automotriz, cubriendo todas las necesidades que fueron analizadas en los capítulos anteriores, inicialmente permite ingresar el registro de vehículo y maquinarias con los parámetros indicados en el Capítulo II.

Otra de las funciones del software es permitir el registro de actividades de mantenimiento dependiendo del kilometraje del vehículo o la fecha de la maquinaria, las actividades fueron cargadas siguiendo el análisis y modos de fallas para determinar cada una de las tareas de mantenimiento con su respectiva periodicidad, expuesto en el Capítulo III.

Mediante el cálculo de la mantenibilidad, disponibilidad genérica y confiabilidad de Weibull (método implícito), el software permite al usuario realizar un seguimiento para mejorar el plan de mantenimiento, esto se realiza con la utilización de las ecuaciones para el cálculo expuestas en el Capítulo I.

Finalmente el software permite visualizar las curvas de mantenibilidad y disponibilidad para lograr un seguimiento de las máquinas y vehículos, realizando un análisis de fallas dependiendo de cada parada.

Todas las funciones del software serán explicadas a continuación para un correcto manejo, permitiendo un involucramiento del operario y así evitar fallas dentro del mismo.

#### **4.2. Ingreso usuario o invitado.**

Para acceder al programa se da doble clic en el icono del programa y se dirigirá a la ventana de ingreso, donde se tiene que colocar el usuario y su contraseña, estos deben ser escritos en los cuadros de texto, existen dos roles de acceso, rol usuario permite

acceder a todo el menú principal y realizar cambios dentro del mismo, rol invitado permite visualizar todos los datos guardados en el programa, pero sin poder realizar cambios.

Se cuenta con este sistema para mantener segura la base de datos y el historial; una vez ingresado correctamente el usuario y su contraseña se visualiza un cuadro de bienvenida como se aprecia en la figura 8.

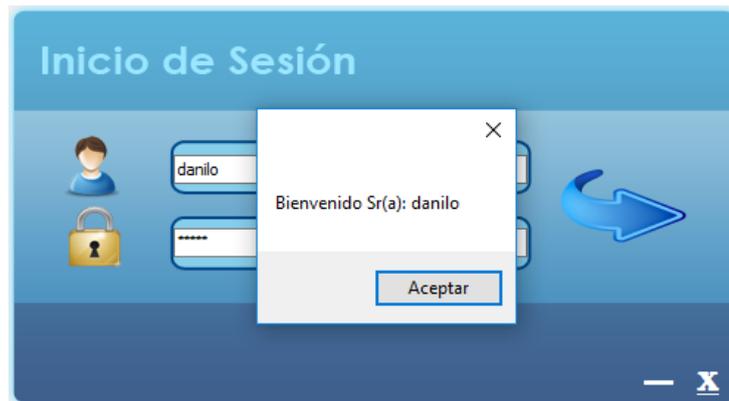


Figura 4. 1 Ventana de bienvenida al usuario.  
Fuente: Los Autores.

En caso de ingresar el usuario o la contraseña de forma incorrecta, el programa mostrara un mensaje de error.

### 4.3. Almacenamiento de información.

El almacenamiento de la información se realiza mediante la utilización de una base de datos, donde se encuentran guardados los datos relevantes de los usuarios, vehículos o maquinarias y empresas.

La información de vehículos y maquinarias presentes en la base, corresponde a datos recaudados en el levantamiento de información correspondiente al Capítulo II, en la tabla 4.1 se muestra el menú del programa con su gráfico correspondiente y los ingresos que se son realizables.

Tabla 4. 1 Ingresos según el menú correspondiente.

MENU	IDENTIFICACIÓN	INGRESO DE
Usuarios		Usuarios Proveedores Choferes Mecánicos

		Propietarios
Vehículo Maquinaria		Vehículos Maquinarias Matriculas
Empresa		Nueva empresa Nueva sucursal

Fuente: Los autores.

### 4.3.1. Ingreso de información.

Tomando de ejemplo el ingreso de vehículos correspondiente al menú “VEHICULO MAQUINARIA”, apreciada en la figura 9, los campos de información que deben ser llenados completamente para realizar un registro de vehículos, estos campos corresponden a los parámetros vistos en el Capítulo II del levantamiento de información, en la ventana también se pueden “Eliminar” o “Editar” los datos guardados de los diferentes vehículos, además se puede cargar una imagen y datos, como manuales de mantenimiento o documentación importante del vehículo.

Figura 4. 2 Campos de información solicitados por el software para el registro de vehículos.  
Fuente: Los Autores.

Para crear los demás registro como máquinas, empresas, usuarios, etc. Se recomienda seguir el mismo formato expuesto anteriormente, se aconseja llenar todos los campos y verificar los mismos con el fin de evitar errores en el ingreso de información.

### 4.4. Registro Vehículos y Maquinaria.

El menú “Registro Vehículos”, permite al administrador del programa disponer de la información de los mantenimientos, elaborados en el plan de mantenimiento del Capítulo III para cada uno de los vehículos, donde se observa la periodicidad de la revisión de cada uno de los sistemas.

Para la revisión, se agrupan los vehículos por su tipo de combustible y las motocicletas como un solo grupo es decir teniendo tres grupos principales: vehículos a gasolina, vehículos a diésel y motocicletas, esta división se realiza para no tener un listado extenso de vehículos.

Dentro del software se ingresa al menú “REGISTRO VEHICULO”, se selecciona la placa del vehículo del cual se va a realizar el mantenimiento, a continuación se ingresa el kilometraje con el cual el vehículo realiza el mantenimiento, generándose un seguimiento semafórico de los mantenimientos; por ejemplo en la figura 10 se aprecia que el vehículo con placa AGJ0327 realizó los mantenimientos de 5.000, 10.000, 15.000 y 20.000 kilómetros generando una coloración verde en la tabla, a continuación ingresa un kilometraje de 25.000 el programa toma este valor y procesa una coloración amarilla en el mantenimiento correspondiente.

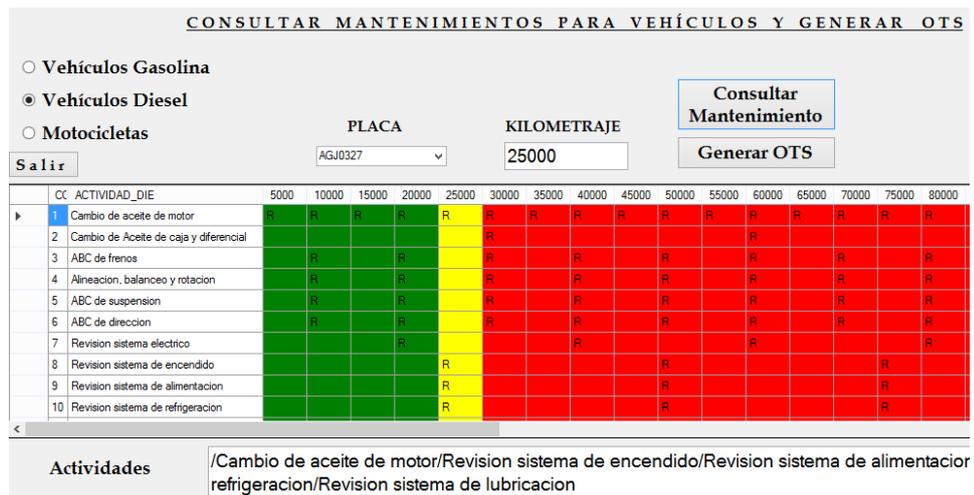


Figura 4. 3 Semaforización de tareas, según el plan de mantenimiento.  
Fuente: Los Autores.

La coloración amarilla en la escala semafórica advierte que el mantenimiento de 25.000 km no ha sido realizado, por consiguiente permite generar una orden de trabajo, por último tenemos la coloración roja que son los mantenimientos no realizados, debido a que no se llega al kilometraje correspondiente o a su vez no existe un seguimiento del vehículo.

#### 4.5. Apertura de órdenes de trabajo.

Para realizar una apertura de orden de trabajo se recomienda realizar un registro en el menú “REGISTRO VEHICULO”, donde se verifica si existen mantenimientos anteriores y a su vez confirmar el plan de mantenimiento dependiendo del kilometraje

ingresado, en cuanto a las máquinas se recomienda verificar la fecha de mantenimiento.

Una vez realizado el registro se procede a llenar todos los campos para la apertura de la orden de trabajo, como se aprecia en la figura 11, se requiere el registro de la empresa y la sucursal donde se va a realizar el manteniendo, además si es externo o interno y la descripción del mantenimiento a realizar.

REGISTRAR ORDENES DE TRABAJO PARA VEHICULOS

Ingresar el código: OTS1-AGE0103

Fecha: miércoles, 15 de marzo de 2017

Estado: Abierto

Prioridad: Alta

Tipo de servicio: Externo

Seleccionar el Vehículo: AGE0130

Seleccionar la Empresa: MIRASOL

Seleccionar la Sucursal: MIRASOL

Descripción: .Cambio de aceite de motor

Figura 4. 4 Registro de orden de trabajo.  
Fuente: Los Autores.

La fecha y hora de registro de la orden de trabajo será igual a la del sistema del computador, si existiera irregularidad alguna es debido a que están en un formato erróneo.

#### 4.6. Cierre de órdenes de trabajo.

Para realizar el cierre de la orden de trabajo se debe ingresar mediante el menú OTS (órdenes de trabajo) y dar clic en cierre OTS.

Igualmente se debe llenar todos los campos verificando la fuente de la información que se colocara en el cierre, debido a que estos cierres serán documentos de verificación de mantenimientos, repuestos y observaciones que dispondrá el jefe de taller a cargo de la máquina o vehículo.

En la figura 12 se aprecia los datos guardados de un vehículo con placa ABD4458 con un mantenimiento de 5.000 km.

**ORDENES DE TRABAJO DE VEHÍCULOS**

Orden de trabajo	Estado	Prioridad	Tipo de Servicio	Placa	Descripción
OTS1-ABD...	Abierto	Alta	Externo	ABD4458	,Cambio d

Guardar Datos de Mantenimiento

OTS Vehículo: OTS1-ABD4458      Fecha de Cierre: 15/03/2017

Estado: Abierto      Prioridad: Alta      Tipo de servicio: Externo      Vehículo: ABD4458

Descripción del Mantenimiento	Materiales	Kilometraje
,Cambio de aceite de motor	gl. minivalde 15w40 valvoline. filtro aceite 161	5000
Observaciones:	Recomendaciones:	Valor Total
ninguno	ninguno	60

Atendido por: ANDRES SEBASTIAN BARRETO T

Figura 4. 5 Cierre de órdenes de trabajo  
Fuente: Los Autores.

Además el jefe de taller podrá disponer de la información correspondiente a técnico operario, costo de mantenimiento y recomendaciones.

### 4.7. Controles.

Para acceder a controles de maquinaria y vehículo se da clic en el menú “VEHÍCULO MAQUINARIA” y a continuación se da clic en consultar controles.

En la figura 13, se aprecia un ejemplo de las curvas de mantenibilidad y disponibilidad de un vehículo registrando 5 aperturas y cierres de mantenimiento, además se puede calcular la confiabilidad y la probabilidad de falla de un vehículo llenando los campos de horas de trabajo y porcentaje de falla.

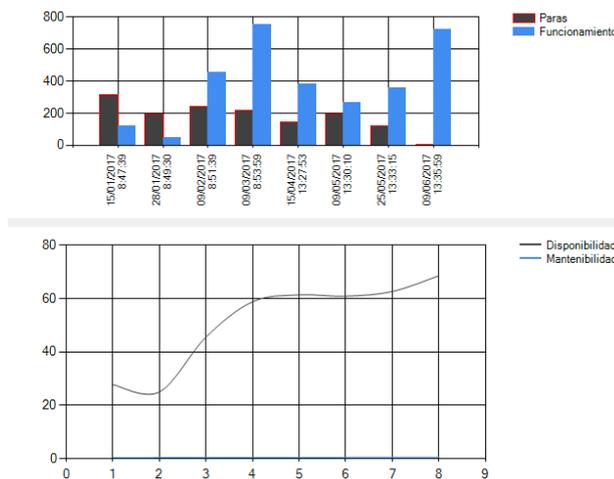


Figura 4. 6 Curvas de disponibilidad y mantenibilidad.  
Fuente: Los Autores.

Los cálculos para la disponibilidad genérica, mantenibilidad y confiabilidad están expuestos en el Capítulo I, los datos que son necesarios para realizar estos cálculos son las horas de parada y funcionamiento del vehículo o maquinaria.

La hora de parada se registra mediante el intervalo de tiempo entre la apertura de una orden de trabajo y el cierre de la misma.

La hora de funcionamiento se registra entre los intervalos de tiempo del último cierre de una orden de trabajo y la apertura de una nueva orden de trabajo.

Así sucesivamente se dispondrá de horas de funcionamiento y parada.

En la figura 14 se aprecia las horas de funcionamiento y horas de parada del vehículo con placa AGJ0327, con estas horas de funcionamiento se calcula una disponibilidad del 45,61% , una mantenibilidad del 0,41 % y una confiabilidad del 77,08 % a las 70 horas de funcionamiento.

H. Paras	H. Funcionamiento	Disponibilidad	Mantenibilidad
Paras	Funcionamiento	disp	mante
312,0119444444	48,0197222222	27,78030674191	0,320500550637
192,0111111111	120,0197222222	25,00354423055	0,396807244818
240,0161111111	264,0369444444	45,61536837232	0,403204580404
216,0119444444	360,0333333333	58,84312957996	0,416644484205
144,0194444444	384,0236111111	61,40566305405	0,452869608272
192,0144444444	456,0269444444	60,92313049717	0,462932600871
120,0144444444	720,0361111111	62,702868837317	0,494315567134
0,012222222222	748,5455555555	68,64827181507	0,564927200891

Figura 4. 7 Cálculo de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Fuente: Los Autores

Con la utilización de Microsoft Excel se realiza una comprobación de los cálculos utilizados para determinar la disponibilidad (ecuación 1), la mantenibilidad (ecuación 10) y la confiabilidad (ecuación 11), estos valores son iguales a los calculados por el programa como se aprecian en la figura 14. Las horas de parada y funcionamiento son tomadas del programa como se aprecia en la figura 15.



Horas de parada	Horas de funcionamiento
312,011	120,019
192,011	48,019
240,016	456,027
216,011	748,545
144,019	384,023
192,014	264,036
120,014	360,033
0,012	720,036
1416,108	3100,738

Figura 4. 8 Horas de funcionamiento y parada en Exel.  
Fuente: Los Autores

En la figura 16 se aprecia los resultados de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad obtenidos mediante Excel para las horas de parada y funcionamiento del vehículo con placa AGJ0327.

Disponibilidad 1	27,780%	Mantenibilidad1	0,321%
Disponibilidad 2	25,003%	Mantenibilidad2	0,397%
Disponibilidad 3	45,62%	Mantenibilidad3	0,403%
Disponibilidad 4	58,84%	Mantenibilidad4	0,417%
Disponibilidad 5	61,41%	Mantenibilidad5	0,453%
Disponibilidad 6	60,92%	Mantenibilidad6	0,463%
Disponibilidad 7	62,70%	Mantenibilidad7	0,494%
Disponibilidad 8	68,65%	Mantenibilidad8	0,565%
<b>Confiabilidad</b>		92,4135%	
<b>Probabilidad de fallo</b>		7,587%	
<b>tiempo de probabilidad de fallo</b>		271,920	

Figura 4. 9 Cálculo de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad en Exel.  
Fuente: Los Autores

Igualmente con la utilización de Exel se realiza la gráfica de la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos comprobando que las curvas son similares, como se aprecia en la figura 17.

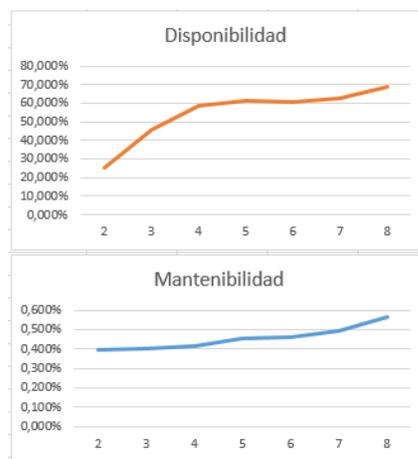


Figura 4. 10 Graficas de disponibilidad y mantenibilidad en Exel.  
Fuente: Los Autores



#### **4.8. Reportes.**

El menú reportes permite observar todos los registros almacenados en el sistema los cuales son: “Propietarios y vehículo”, “Chofer y vehículo”, “Mecánicos”, “Proveedores”, “Empresas y sucursales”, Ordenes de trabajo (“OTS”), “Cierre OTS”.

Además permite la impresión de la orden de trabajo.

#### **4.9. Conclusiones.**

- Se analizó que el programa funciona correctamente y es válido ya que entrega los mismos resultados obtenidos analíticamente en el capítulo 1 con la utilización de Microsoft Excel; además que con el programa se optimiza significativamente el análisis RCM. Esta herramienta se puede aplicar en cualquier empresa que desee aplicar gestión de mantenimiento adaptándolo a sus necesidades. Además, el software permite registrar todos los bienes de una empresa y el historial de los mismos. Con ello permite al área de servicio técnico tener una mejor planificación de los mantenimientos.
- Con la aplicación de este software PCMVM 2017 en una empresa se puede ejecutar un plan de mantenimiento de los bienes, equipos, sistemas, para determinar los mantenimientos preventivos o correctivos en un periodo establecido.
- Con la utilización de las fórmulas de disponibilidad aplicada, mantenibilidad y el método implícito de la confiabilidad de Weibull expuestos en el Capítulo I y aplicadas al programa computacional “PCMVM 2017”, estos resultados permiten realizar un análisis determinando la aplicación de las diferentes filosofías de mantenimiento, reestructurando el plan de mantenimiento.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES

- Por medio de un estudio minucioso de la información relacionada a la gestión de mantenimiento así como también un análisis de diferentes publicaciones; se ha podido identificar diferentes modelos o tipos de gestión de mantenimiento para una empresa; además la gestión permite planificar y tomar decisiones para el mantenimiento de los bienes, equipos y sistemas de una empresa con el fin de mejorar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los mismos sin contratiempos que puedan elevar los costos de producción, operación o comprometer la seguridad de los operarios o equipos. De igual manera, el cálculo de los parámetros de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, permite realizar un análisis de las curvas estadística de fallos y averías de los equipos, y de igual manera visualizar de forma numérica el estado de los quipos.
- Se seleccionó el modelo del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) con el cual se analizará los fallos a través de los sistemas por los cuales está constituido el equipo, conjuntamente se determina la criticidad esto con la ayuda de una matriz de criticidad; para los vehículos, la matriz de criticidad consta de dos aspectos que son la seguridad y mantenibilidad; y a su vez la matriz de criticidad de una maquinaria, está compuesta por cuatro aspectos que son seguridad, producción, calidad y mantenibilidad; este modelo de gestión de mantenimiento se puede poner en marcha con datos reducidos de equipos. Además esta metodología es válida para cualquier empresa indistintamente de su propósito o giro de negocio para ello tendría que aumentar, disminuir o modificar los factores que esta requiera utilizar para su gestión de mantenimiento.
- El programa computacional de gestión de mantenimiento (PCMVM 2017) funciona correctamente permitiendo al área de servicio técnico mantener un control constante del mantenimiento realizado y por realizar a través del sistema de mantenimiento semafórico, de igual manera permite llevar un registro de choferes, mecánicos, dueños de vehículos, empresas, sucursales y



proveedores. Adicional a ello permite calcular la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad con la que trabaja el equipo.

- Es indispensable mencionar que al implementar un modelo de gestión mejora significativamente los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad, además facilita y optimiza el proceso de la toma de decisiones, direccionando eficientemente los recursos (técnicos, humanos y financieros). Simplifica la gestión de stock, de insumos y consumibles que requiere la unidad de mantenimiento; con los resultados obtenidos facilita la implementación de la capacitación del personal orientándolos a los equipos o sistemas más importantes de una empresa.



## RECOMENDACIONES

- Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo, se debe concientizar a un compromiso de todo el personal de la empresa, con el cambio de mentalidad y actitud que conlleve a una mejora continua de la empresa automotriz.
- La capacitación y entrenamiento en la implementación del plan de mantenimiento asistido por computador para una flota vehicular y maquinaria de una empresa automotriz es de vital importancia para conservar activos los equipos por un prolongado intervalo de tiempo.
- Con el análisis de las curvas de disponibilidad y mantenibilidad, se puede ejecutar un análisis de criticidad de los sistemas que componen el equipo, de tal manera que permita reestructurar el plan de mantenimiento según las nuevas necesidades y requerimientos, manteniéndose así en una actualización periódica.
- Con el programa computacional se puede llevar de forma correcta el control, registró y procesos de mantenimiento de los equipos que dispone la empresa, por ello es de vital importancia ingresar todos los datos requeridos de forma responsable, para evitar error del programa.
- Actualizar de manera periódica los parámetros de gestión de mantenimiento acoplándose a las nuevas necesidades que presente la empresa.



## TRABAJO A FUTURO

Luego de haber determinado la metodología para crear un plan de mantenimiento; se contara con un programa computacional, donde permite un seguimiento continuo de las tareas realizadas y planificadas para la flota de vehículos y maquinaria de una empresa automotriz. Se ve la necesidad de realizar trabajos a futuro que ayudara al área de servicio técnico.

A continuación se describe algunos criterios para el estudio a futuro más relevantes:

- Realizar un estudio enfocado en la criticidad de los sistemas del vehículo mediante el cual se pueda disponer de una metodología propia para la realización de un plan de mantenimiento, enfocado en el mejoramiento de los equipos con la utilizando de la programación de mantenimientos cubriendo nuestras necesidades.
- Adaptar la metodología RCM a otra empresa que desee realizar un análisis de fallo de los sistemas de sus equipos indistintamente cual sea su labor, con la utilización de las ecuaciones para el cálculo de disponibilidad y confiabilidad.
- Con la utilización del historial de mantenimiento crear la gestión de stocks de repuestos y con la ayuda de la metodología RCM calcular la cantidad de repuestos para cada una de las máquinas y vehículos, para mejorar el plan de mantenimiento.
- Al cabo de un año realizar una interpretación de los equipos que han presentado más fallos o averías, para así analizar si es conveniente modificar el plan de mantenimiento o si es recomendable cambiar de equipo teniendo en cuenta que es más beneficios en cuestión de financiamiento, de igual manera analizar si es factible incorporar parámetros de medición de desgaste como es vibraciones, sonidos, temperatura etc.



## REFERENCIAS

- Abella, B. M. (2010). *Mantenimiento Industrial*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid .
- Adalberto, G. R. (2000). *Administracion Del Mantenimiento* . Monterrey .
- Apolo, C. W., & Matovelle, C. M. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del gobierno autónomo de la ciudad de azogues. En C. W. Apolo Ordoñez, & C. M. Matovelle Bustos, *Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del gobierno autónomo de la ciudad de azogues*. Cuenca.
- Blanco, S. (2002). *Optimización Integral de mantenimiento*.
- Boucly, F. (1998). *Gestión Del Mantenimiento* . Madrid : Aenor.
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas* . Madrid: Pearson.
- Córdova, M. (2014). *Weibull Metodo Grafico. Confiando en la Ingenieria*.
- Dumaguala, E. M. (2014). *Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del area de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*. Cuenca.
- Fernández, F. J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España: FC Editorial.
- Gamarra, J. (2004). *Tecnicas de mantenimiento Industrial*.
- Garcia, O. (2006). *Optimización integral de mantenimiento hacia la terotecnologia de clase mundial (Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica)*. Bogota.
- Garcia, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Bogota: Legis.
- Garcia, S. (2009). *Ingenieria Del Mantenimiento*. Santiago.
- Garcia, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de manteniminto*. En S. Garcia Garrido, *Organización y gestión integral de manteniminto*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gutiérrez, E. (2007). *Metodología para el diseño de planes de mantenimiento de activos, denominada "Cuidado integral de activos"*. Caracas.
- Kelly, Anthony, & Harris, M. J. (1998). *Gestión del mantenimiento industrial*. Madrid, España: Fundacion REPSOL.
- Lefcovich, M. (2009). *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*. El Cid Editor.
- López, L. N., & Guamán, R. (2015). *Implementación de una gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) para la flota vehicular del GAD Municipal de Catamayo en la provincia de Loja*. Cuenca.



- Molina, J. (2008). *Mantenimiento y Seguridad Industrial*. Maracay.
- Mora, L. A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*. Medellín: Ultragráficas.
- Muñoz, M. B. (2005). *Mantenimiento Industrial*. Madrid.
- Neto Chusin, E. O. (2008). *Mantenimiento Industrial*. Macas.
- Newbrough, E. T. (1982). *Administración del Mantenimiento Industrial*. Mexico: Diana.
- Padilla, C. L. (2012). *Plan del gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar*. Cuenca.
- Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. Sevilla: INGEMAN.
- Parra, C. (2005). *Implantación Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad*. Sevilla .
- PEMEX. (2010). *Proceso de mantenimiento*. Mexico DF.
- Pullutagsi, L. A. (2012). *Gestión del mantenimiento en la maquinaria pesada del Gobierno Municipal del cantón PILLARO*. Riobamba.
- Reyes, A. (2004). *Administración Moderna*. Mexico: Editorial Limusa S.A.
- Souris, J.-P. (1992). *El mantenimiento, fuente de beneficios*. En J.-P. Souris, *El mantenimiento, fuente de beneficios*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Tavares, L. (2003). *Administración Moderna Del Mantenimiento*. Brasil : Novo Polo Publicacoes.
- Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicacoes.
- Tillero, E. (2009). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios a pozos H-643*. Barcelona-Venezuela.
- Torres, A., Perdomo, M., Fornero, D., & Corcuera, R. (2010). *Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la Central Nuclear de Embalse*. Córdoba.
- Zabala, J. D. (7 de Julio de 2015). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3654/1/629244P981.pdf>



# ANEXO 1

Maquinaria obtenida en el levantamiento de información



<b>Código</b>	<b>Dpto. (Ubicación)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serial</b>	<b>Año fab</b>	<b>Procedencia</b>
M01AL001	Arenal	Alineadora	John Bean	EEWA544AL	V35HH003	2014	EEUU
M01BA002	Arenal	Balanceadora	Coats	5938 (1000)	1112308687	2011	EEUU
M01BA003	Arenal	Balanceadora	Coats	5938 (1000D)	1106302026	2011	EEUU
M01CO004	Arenal	Compresor	Schulz	MSV 40 MAX	3126360	2011	EEUU
M01EL005	Arenal	Elevador	Hanmecson	PRO-9D	2010042482	2010	China
M01EL006	Arenal	Elevador	Hanmecson	PRO-9D	2010042721	2010	China
M01EL007	Arenal	Elevador	Hanmecson	PRO-9D	VB1007112	2010	China
M01EL008	Arenal	Elevador	Atlas	12ASL-B	1101028	2011	EEUU
M01EN009	Arenal	Enllantadora	Coats	50XAH1	1111108403	2011	EEUU
M01EN010	Arenal	Enllantadora	Coats	50XAH1	8184126	2011	EEUU
M02BA011	Azogues	Balanceadora	Coats	5938 (1000)	1112309809	2011	EEUU
M02BA012	Azogues	Balanceadora	Bigred	TRE0448	913040002	2013	China
M02CO013	Azogues	Compresor	Air force 500	NEWSKS D10/500	BN1 41276	2012	Italia
M02EL014	Azogues	Elevador	Bigred	QJY245DA	10296	2013	China
M02EL015	Azogues	Elevador	Gotten	CPAC	0508001	2004	EEUU
M02EN016	Azogues	Enllantadora	Coats	5060AX	712100620	2008	EEUU
M02EN017	Azogues	Enllantadora	Bigred	TRE0598	Y100L1-4	2013	China
M02GN018	Azogues	Generador de nitrógeno	G5	S-160-N2P	2280820130425	2013	China
M03AL019	Cañar	Alineadora	John Bean	EEWA557	VPIHG6024	2009	EEUU
M03BA020	Cañar	Balanceadora	Coats	950S	0712301723	2007	EEUU
M03EN021	Cañar	Enllantadora	Coats	5060AX	0510001	2008	EEUU
M03EN022	Cañar	Enllantadora	Coats	5060AX	0510002	2008	EEUU
M03GN023	Cañar	Generador de nitrógeno	Branick	250	0510005	2006	EEUU



M04AL024	Don Bosco	Alineadora	John Bean	EEWA544AL	V35HH004	2015	EEUU
M04BA025	Don Bosco	Balanceadora	Bosch	WBE-4140	651565337	2014	Italia
M04CO026	Don Bosco	Compresor	Air force 500	NEWSKS D10/500	BQ454008	2015	Italia
M04EL027	Don Bosco	Elevador	Atlas	KH-9KOH	XH1502041-192-135	2015	EEUU
M04EL028	Don Bosco	Elevador	Novat	TEC 447	B085602	2015	China
M04EL029	Don Bosco	Elevador	Novat	TEC 447	B085603	2015	China
M04EL030	Don Bosco	Elevador	Hydraulic automobile lift	5.5 M4	CE-M4-008	2013	China
M04EN031	Don Bosco	Enllantadora	John Bean	T3000-20	0214.6022753.498	2014	Italia
M04LI032	Don Bosco	Limpiador de inyectores	OTC	7448 <sup>a</sup>	106025	2014	Taiwán
M05AC033	Gran Colombia	Cargador de aire acondicionado	Bosch	ACS 751	430234636	2013	India
M05AL034	Gran Colombia	Alineadora	John Bean	EEWA545A	EALO392J28A	2009	EEUU
M05BA035	Gran Colombia	Balanceadora	Coats	950S	0711308852	2007	EEUU
M05BA036	Gran Colombia	Balanceadora	Coats	950S	0712301724	2007	EEUU
M05CO038	Gran Colombia	Compresor	Champion	HRV10-8	D092090	2012	EEUU
M05EL039	Gran Colombia	Elevador	Joyland	XG-4.5 <sup>a</sup>	0505001	2011	China
M05EL040	Gran Colombia	Elevador	Joyland	XG-4.5 <sup>a</sup>	0505002	2011	China



M05EL041	Gran Colombia	Elevador	Hydraulic automobile lift	5.5 M4	UG-M4-003	2009	EEUU
M05EL042	Gran Colombia	Elevador	Cartek	LR0602S-10	0505003	2012	EEUU
M05EN043	Gran Colombia	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171108056355	2011	Italia
M05EN044	Gran Colombia	Enllantadora	Coats	50XAH1	0712100592	2011	EEUU
M05GN045	Gran Colombia	Generador de nitrógeno	G5	S-135-N2P	2282320130426	2013	China
M05RD046	Gran Colombia	Rectificador de discos de freno	Pro-cut	PFM 9.2 GXP	9LX-31416	2015	EEUU
M06AL047	Gualaceo	Alineadora	Hunter	HS200ML	KXB874	2014	EEUU
M06BA048	Gualaceo	Balanceadora	Coats	950S	0509001	2007	EEUU
M06BA049	Gualaceo	Balanceadora	Coats	950S	0712300720	2007	EEUU
M06CO050	Gualaceo	Compresor	Air force 500	NEWSKS D10/500	BN1 41278	2012	Italia
M06EL051	Gualaceo	Elevador	Hanmecson	PRO-9D	2010042951	2011	China
M06EL052	Gualaceo	Elevador	Cartek	LR0602S-10	0509002	2012	EEUU
M06EN053	Gualaceo	Enllantadora	Coats	50XAH1	1112100177	2008	EEUU
M06GN054	Gualaceo	Generador de nitrógeno	G5	S-160-N2P	2281020130425	2013	China
M07AC055	Loja la pileta	Equipo de aire acondicionado	Bosch	ACS 751	430239736	2013	India
M07AL056	Loja la pileta	Alineadora	John bean	EEWA541AL	AU2011R01	2008	EEUU
M07BA057	Loja la pileta	Balanceadora	Coats	5938 (1000)	1112309690	2011	EEUU
M07BA058	Loja la pileta	Balanceadora	John Bean	EEWB502D	G93JF010	2009	EEUU
M07CO059	Loja la pileta	Compresor	Air force 500	NEWSKS D10/500	BN1 41279	2012	Italia



M07EL060	Loja la pileta	Elevador	Rotary		0535003	2005	EEUU
M07EN061	Loja la pileta	Enllantadora	Coats	5040 <sup>a</sup>	0535002	2007	EEUU
M07EN062	Loja la pileta	Enllantadora	Coats	5060AX	0535001	2008	EEUU
M07GN063	Loja la pileta	Generador de nitrógeno	G5	S-135-N2P	2280620130425	2013	China
M07EL064	Loja la pileta	Elevador	Atlas	KH-9KOH	XH1502041-192-129	2015	EEUU
M08AL065	Macas	Alineadora	John Bean	EEWA521A	V23JE001	2011	EEUU
M08BA066	Macas	Balanceadora	Bosch	WBE-4140	6450-1302110954	2014	Italia
M08BA067	Macas	Balanceadora	Bosch	WBE-5210	63171302007429	2013	Italia
M08CO068	Macas	Compresor	Iuowei	LW-20	14.08.20.18	2014	China
M08EL069	Macas	Elevador	Novat	TEC 447	0512001	2013	China
M08EL070	Macas	Elevador	Novat	TEC-222	0512002	2013	China
M08EN071	Macas	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171301008370	2013	Italia
M08EN072	Macas	Enllantadora	Bosch	TCE-5210	42121402142963	2014	Italia
M08GN073	Macas	Generador de nitrógeno	G5	S-170-N2P	2281320130425	2013	China
M09AC074	Machala	Equipo de aire acondicionado	Bosch	ACS 600	430202434	2011	India
M09AL075	Machala	Alineadora	John Bean	EEWA541AL	V35HH003	2014	EEUU
M09BA076	Machala	Balanceadora	Bosch	WBE-4100	0516001	2011	Italia
M09CO077	Machala	Compresor	Iuowei	LW-20	14.08.20.17	2014	China
M09EL078	Machala	Elevador	Hanmecson	PRO-9D	0516004	2009	China
M09EL079	Machala	Elevador	Hydraulic automobile lift	5.5 M4	UG-M4-005	2009	EEUU
M09EL080	Machala	Elevador	Gotten	CPAC	0516009	2004	EEUU
M09EL081	Machala	Elevador	Bend Pak	P-6	2010042721	2007	EEUU
M09EN082	Machala	Enllantadora	Coats	5060E	0516003	2002	EEUU



M09EN083	Machala	Enllantadora	Coats	5060E	0516002	2002	EEUU
M09GN084	Machala	Generador de nitrógeno	Nb-1	106907	0516008	2006	EEUU
M10AL085	Machala truck	Alineadora	Bigred	TRE808D	6 CR 2512 BXF	2013	China
M10AL086	Machala truck	Alineadora	John Bean	EEWA541AL	0531001	2010	EEUU
M10BA087	Machala truck	Balanceadora	John Bean	EEWB502D	G93BG005	2009	EEUU
M10BA088	Machala truck	Balanceadora	John Bean	EEWB543A	G43JE005	2009	EEUU
M10CO089	Machala truck	Compresor	Iuowei	LW-20 <sup>a</sup>	13.05.20.17AL	2012	China
M10EL090	Machala truck	Elevador	Launch	TLT-440WA	0531002	2007	EEUU
M10EN091	Machala truck	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171102050065	2011	Italia
M10EN092	Machala truck	Enllantadora	Bosch	TCE-5210	42121110111070	2011	Italia
M10GN093	Machala truck	Generador de nitrógeno	G5	S-170-N2P	2281620130425	2013	China
M11AC094	Milchichig	Equipo de aire acondicionado	Bosch	ACS 751	430233436	2013	India
M11AL095	Milchichig	Alineadora	John Bean	EEWA545A	V36JC017	2009	EEUU
M11AL096	Milchichig	Alineadora	John Bean	EEWA521A	C12HC00	2009	EEUU
M11BA097	Milchichig	Balanceadora	Coats	5938 (1000)	8114167	2011	EEUU
M11BA098	Milchichig	Balanceadora	Coats	5938 (1000)	11123009926	2011	EEUU
M11BA099	Milchichig	Balanceadora	John Bean	EEWB543A	G43JC007	2009	EEUU
M11CO101	Milchichig	Compresor	Iuowei	LW-20 <sup>a</sup>	13.05.20.14 AL	2013	China
M11EL102	Milchichig	Elevador	Hydraulic automobile lift	5.5 M4	UG-M4-006	2009	EEUU
M11EN103	Milchichig	Enllantadora	Bigred	TRE229A	T133F72	2013	China
M11EN104	Milchichig	Enllantadora	Bigred	TRE229A	T133F74	2013	China
M11EN105	Milchichig	Enllantadora	John Bean	T8056R	1009.6027710.5	2009	Italia
M11GN106	Milchichig	Generador de nitrógeno	G5	S-160-N2P	2282720130426	2013	China



M11RD107	Milchichig	Rectificador de discos de freno	Ranger	RP300M	0502023	2006	EEUU
M13AL108	Remigio cresco	Alineadora	Hunter	S811	LR8256	2007	EEUU
M13BA109	Remigio cresco	Balanceadora	John Bean	EEWB516P	G94JC005	2009	EEUU
M13BA110	Remigio cresco	Balanceadora	Bosch	WBE-4100	143 403 003	2011	Italia
M13CO111	Remigio cresco	Compresor	Schulz	MSV 20 MAX	3296228	2012	EEUU
M13EL112	Remigio cresco	Elevador	North Star	11AS	079-058	2007	EEUU
M13EL113	Remigio cresco	Elevador	North Star	11AS	079-063	2007	EEUU
M13EL114	Remigio cresco	Elevador	Rotary	SM122	72430208	2007	EEUU
M13EN115	Remigio cresco	Enllantadora	Coats	5040 <sup>a</sup>	0522006	2007	EEUU
M13EN116	Remigio cresco	Enllantadora	Coats	5060 <sup>a</sup>	0522021	2004	EEUU
M13GN117	Remigio cresco	Generador de nitrógeno	Nb-1	106907	0522023	2006	EEUU
M14AL118	Riobamba	Alineadora	John Bean	EEWA541AL	V46HH016	2014	EEUU
M14BA119	Riobamba	Balanceadora	Bosch	WBE-4140	651565437	2014	Italia
M14BA120	Riobamba	Balanceadora	Bosch	WBE-4140	64501301110817	2014	Italia
M14CO121	Riobamba	Compresor	Ingersoll Rand	2340-E	8003880	2008	EEUU
M14EL122	Riobamba	Elevador	Novat	TEC 447	052101	2013	China
M14EL123	Riobamba	Elevador	Rotary	SM014	KFA11K0008	2011	EEUU
M14EL124	Riobamba	Elevador	Novat	TEC-222	2010042721	2013	China



M14EN125	Riobamba	Enllantadora	Bosch	TCE-4420	29941204102748	2013	Italia
M14EN126	Riobamba	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171301008367	2013	Italia
M14GN127	Riobamba	Generador de nitrógeno	G5	S-135-N2P	2282420130426	2013	China
M15AL128	Troncal	Alineadora	Hunter	HS200ML	DYB82	2014	EEUU
M15AL129	Troncal	Alineadora	John Bean	EEWA521A	V23JE003	2011	EEUU
M15BA130	Troncal	Balanceadora	Bigred	TRE-828	B133B34	2013	China
M15BA131	Troncal	Balanceadora	Bosch	WBE-4100	64881110106470	2011	Italia
M15BA132	Troncal	Balanceadora	Bosch	WBE-5210	63891401009865	2014	Italia
M15BA133	Troncal	Balanceadora	John bean	EEWB517A	0534001	2009	EEUU
M15CO134	Troncal	Compresor	Schulz	MSV 20 MAX	3296234	2012	EEUU
M15CO135	Troncal	Compresor	Iuwei	LW-20	14.08.20.16	2014	China
M15EL136	Troncal	Elevador	Bigred	QJY245DA	10238	2013	China
M15EL137	Troncal	Elevador	Bigred	QJY-S2	0534002	2013	China
M15EN138	Troncal	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171109056676	2011	Italia
M15EN139	Troncal	Enllantadora	Bosch	TCE-5210	016028337	2014	Italia
M15GN140	Troncal	Generador de nitrógeno	G5	S-135	2279820130425	2013	China
M16AL141	Truck center	Alineadora	Bosch	GEOLIGNER DSP6S	2517/0813-DSP6S	2013	Brasil
M16AL142	Truck center	Alineadora	John Bean	EEWA521A	0506001	2009	EEUU
M16BA143	Truck center	Balanceadora	John Bean	EEWB543A	022909-02108	2011	EEUU
M16EN144	Truck center	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171102050066	2011	Italia
M16EN145	Truck center	Enllantadora	John Bean	T8056R	11-2516003 GS0245/012	2011	Italia
M16GN146	Truck center	Generador de nitrógeno	G5	S-170-N2P	2282920130426	2013	China
M17AL147	Truck Loja	Alineadora	Bosch	GEOLIGNER DSP6S	2068/0212-DSP6S	2012	Brasil



M17BA148	Truck Loja	Balanceadora	Bosch	WBE-4100	64881110106527	2011	Italia
M17BA149	Truck Loja	Balanceadora	Bosch	WBE-5220	SBM-855	2011	Italia
M17CO150	Truck Loja	Compresor	Champion	HRV15F-12	D092089	2012	EEUU
M17EN151	Truck Loja	Enllantadora	Bosch	TCE-4220	04171109056677	2011	Italia
M17EN152	Truck Loja	Enllantadora	Bosch	TCE-5210	42121201111252	2012	Italia
M17GN153	Truck Loja	Generador de nitrógeno	G5	S-170-N2P	2281720130425	2013	China
M12CO154	Parque industrial	Compresor	Ingersoll rand / Kohler	2475 /COMMAND PRO 14	NAR10066818	2014	Italia
M12EN155	Parque industrial	Enllantadora	M&B	SMTG AUTOCARRO IMBARCABILE	1708005400414	2014	China
M12GN156	Parque industrial	Generador de nitrógeno	G5	S-170-N2P	2281420130425	2014	China



## ANEXO 2

Flota vehicular obtenida en el levantamiento de información.



Ubicación	Responsable de vehículo	Placa	Marc a	Tipo de vehículo	Año de fabricación.	Modelo	Combustible	País de origen	Número de motor	Color	Número de chasis	Cilindra je
Milchichig	Jaime Ríos	ABC7634	Kia	Auto	2013	Sorento gsl ta 3.5 5p 4x2	Gasolina	Corea del sur	G6DC CS804170	Plateado	KNAK T813B D5329792	3500
Milchichig	Andrés Ríos	ABC7236	Chevrolet	Camioneta	2012	LUV d-max 3 ol. diésel cd tm 4x4	Diésel	Ecuador	4JH1190748	Blanco	8LBET F3E9C 0147354	2999
Milchichig	Rommel Ayala	ABC2168	Chevrolet	Camioneta	2011	LUV d-max 2.5 l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1995774	Blanco	8LBDT F4L1B 0102832	2500
Milchichig	Marketing	GDP0116	Toyota	Camioneta	1986	Land Cruiser	Gasolina	Japón	SERIAL	Crema	JT3EJ6 0G8G1 134741	2400
Milchichig	Juan Donoso	ABA9434	Chevrolet	Camioneta	2011	LUV d-max 3.0l diésel cd tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JH1925700	Plateado	8LBET F3F5B 0075778	3000
Milchichig	José Crespo	ABA9855	Chevrolet	Camioneta	2011	LUV d-max 2.5 l diésel cs chasis	Diésel	Ecuador	4JA1978100	Blanco	8LBDT F2LXB 0095785	2500
Milchichig	Jorge Mendie ta	AGJ0327	Hyundai	Camión	2009	Porter Turbo chasis	Diésel	Corea	D4BH8 069076	Blanco	KMFZ BN7HP 9U457305	2500



Milchichig	Pedro Gonzales	IH531H	Daytona	Moto	2015	DY 150 Ghost	Motocicleta a gasolina	China	BN157 QMJ6F 2400026	Blanco	L5YTC KPAX F1127669	150
Milchichig	Bodega	HU326Q	Axxo	Moto	2012		Motocicleta a gasolina	Ecuador	169FM L12A0 1938	Rojo	LHJYC LLA7C B310932	200
C.Distribución	Diego Ríos	ABB4387	Chevrolet	Camioneta	2011	LUV d-max 3 ol. diésel cd tm 4x4	Diésel	Ecuador	4JH192 3989	Blanco	6543	3000
C.Distribución	Erick Arias	ABD4458	Jac	Camión	2013	hfc1040k2	Diésel	China	C4037538	Plateado	LJ11K BAC9 D9001941	2771
C.Distribución	Pedro Llivisaca	ABD4457	Jac	Camión	2013	hfc1134kr1	Diésel	China	87659673	Blanco	LJ11R XDG6 D3200441	8300
C.Distribución	Gabriel Morales	ABE3150	Chevrolet	Camión	2015	NMR 85h 3.0 2p 4x2 tm diésel cn	Diésel	Japón	4JJ11S 3971	Blanco	JAAN MR85 HF710 1222	2999
C.Distribución	Milton Echeverría	ABA5807	Hino	Camión	2011	gd8jlsa	Diésel	Colombia	J08EU D12565	Blanco	9F3GD 8JLSB XX12151	7684
Parque Industrial	Francisco Vélez	ABE3126	Chevrolet	Camioneta	2015	d-max crdi 3.0 cd 4x2 tm diésel	Diésel	Ecuador	4JMK 9799	Blanco	8LBET F3T6F0 292672	2999
Parque Industrial	Pedro Moran	ABD4459	Jac	Camión	2013	hfc1040k2	Diésel	China	C4037540	Plateado	LJ11K BAC0	2771



											D90019 42	
Parque Industrial	Juan Quinteros	ABA3399	Chevrolet	Camioneta	2009	LUV d-max 2.5l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1758888	Blanco	8LBDT F4L490 020507	2500
Parque Industrial	Diego Sotomayor	AFY0229	Chevrolet	Camioneta	2009	LUV d-max 2.5 l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1662838	Blanco	8LBDT F4L090 000187	2500
Machala	Patricio Astudillo	ABA3345	Chevrolet	Camioneta	2010	LUV d-max 2.5l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1805670	Blanco	8LBDT F4L1A 0030027	2500
Truck Machala	Carlos Lecaro	AGJ0612	Hyundai	Camión	2009	Porter Turbo chasis c/s	Diésel	Corea	D4BH8042920	Blanco	KMFZ BN7HP 9U437810	2500
Truck Machala	Xavier Sánchez	ABA5808	Hino	Camión	2011	xzu423l-hkmd3	Diésel	Colombia	N04CT T23152	Blanco	9F3YT 20H8B 6000645	4009
Truck Machala	Xavier Ordoñez	ABE9488	Mazda	Camioneta	2015	BT-50 std fl 2.2 cs 4x2 tm cn	Gasolina	Ecuador	F2A15113	Plateado	8LFUN X023F M401412	2200
Truck Machala	Wilmer Araujo	AFW0852	Chevrolet	Camioneta	2008	LUV d-max c/s diésel 4x2 t/m	Diésel	Ecuador	4JA1577452	Blanco	8LBDT F2L080 001812	2500
Truck Machala	Cristian Quezada	IE210N	Daytona	Moto	2011	dy200 gy-4	Motocicleta a gasolina	Ecuador	LHJYC LLA7B B208609	Rojo	169FM L11B0 0672	200



Loja	Eduardo Zisalima	ABA5806	Hyundai	Camión	2010	Porter c cab	Diésel	Corea	D4BH A042617	Blanco	KMFZ BX7H AAU666562	2500
Loja	Bladimir Betancourt	ABE9495	Mazda	Camioneta	2015	BT-50 std fl 2.2 cs 4x2 tm cn	Gasolina	Ecuador	F2A16338	Plateado	8LFUN X025F M401508	2200
Truck Loja	Iván Cano	ABB7707	Chevrolet	Camioneta	2011	LUV d-max 2.5l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1979194	Blanco	8LBDT F4LXB0093158	2500
Riobamba	Sandra Batallas	AGJ0608	Hyundai	Camión	2009	Porter Turbo heh74c855 dd117 2.5 2p 4x2 tm diésel	Diésel	Corea del sur	D4BH8068330	Azul	KMFZ BN7HP 9U456549	2500
Riobamba	William Gavilanes	ABE9487	Mazda	Camioneta	2015	BT-50 std fl 2.2 cs 4x2 tm cn	Gasolina	Ecuador	F2A16328	Plateado	8LFUN X023F M401507	2200
Azogues	Fernando Espadero	AFR0991	Chevrolet	Camioneta	2008	LUV d-max c/s diésel 4x2 t/m	Diésel	Ecuador	4JA1489931	Plateado	8LBDT F2L680001426	2500
Cañar	Marcelo Narváez	AGE0130	Chevrolet	Camioneta	2009	LUV d-max 2.5 l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1662841	Blanco	8LBDT F4L090000190	2500



Gualaceo	Napoleón Calle	AFY0572	Chevrolet	Camioneta	2009	LUV d-max 2.5l diésel cs tm 4x2	Diésel	Ecuador	4JA1654490	Blanco	8LBDT F4L19000084	2500
Macas	José Macas	ABE6746	Jac	Camión	2014	hfc1040k22 5 2p 4x4	Diésel	China	D4093276	Blanco	LJ11K BAC2F 8000039	2771
Piñas	Jaime Veintimilla	AGJ0567	Hyundai	Camión	2009	Porter Turbo chasis c/s	Diésel	Corea	D4BH8070639	Blanco	KMFZ BN7HP 9U456879	2500
Troncal	Luis Crespo	ABA4683	Hyundai	Camión	2010	Porter C Cab	Diésel	Corea	D4BH9052217	Blanco	KMFZ BX7H AAU570480	2500
Zamora	Leandro Reyes	AGG0873	Hyundai	Camión	2009	Porter Turbo chasis heh74c855 dd118	Diésel	Corea	D4BH8070636	Blanco	KMFZ BN7HP 9U456876	2500
Milchichig		IH774H	Daytona	Moto	2015	DY 150 Ghost	Motocicleta a gasolina	China	BN157 QMJ6F 2300661	Blanco	L5YTC KPA0F 1121752	150
Milchichig		IH775H	Daytona	Moto	2015	DY 150 Ghost	Motocicleta a gasolina	China	BN157 QMJ6F 2400019	Blanco	L5YTC KPA0F 1121671	150



## ANEXO 3

Tablas de modos de falla, tareas de mantenimiento y programación de mantenimientos para la flota vehicular.



**Modos de falla por sistemas vehiculares**

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema frenado neumático	Funcional	Vehículo no frena	Sin aire comprimido	Evitar
				Rotura de mangueras neumáticas	Evitar
				Sin compresión de aire	Evitar
				Rotura de membrana de pulmones de freno	Evitar
				Agarrotamiento de válvulas	Evitar
				Mal funcionamiento de regulador de presión	Evitar
		Técnico	Frena con dificultad	Des calibración de frenos	Amortiguar
				Sonidos extraños ruedas.	Amortiguar
				Obturación de filtros de compresor.	Amortiguar
				Funcionamiento defectuoso de freno mano	Amortiguar
Vehículo	Sistema frenado hidráulico	Funcional	Vehículo no frena	Sin liquido de freno	Evitar
				Bomba principal y secundaria sin liquido de freno	Evitar
				Aire en cañerías de freno	Evitar
				Calibración de frenos	Evitar
		Técnico	Frenado con dificultad.	Calibración de frenos	Amortiguar
				Mal funcionamiento de bomba	Amortiguar
				Escape de fluido hidráulico	Amortiguar



			Ruidos en frenado	Pastillas en mal estado	Amortiguar
				Zapatas en mal estado	Amortiguar
				Mal calibración de zapatas	Amortiguar
			Recalentamiento de ruedas	Calibración excesiva de ruedas	Amortiguar
				Mal funcionamiento de válvula distribuidora	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Vehículo	Sistema de suspensión	Funcional	Vehículo sin funcionamiento suspensión delantero.	Rotura de amortiguadores	Evitar
				Rotura de platos de suspensión	Evitar
				Rotura estabilizador	Evitar
				Rotura de resorte de amortiguación	Evitar
		Técnico	Vehículo con ruidos extraños en suspensión delantera	Desgaste en bujes.	Amortiguar
				Desgaste en rotulas.	Amortiguar
				Desgaste en amortiguador	Amortiguar
				Desgaste de resorte de amortiguación	Amortiguar
		Funcional	Vehículo sin funcionamiento de suspensión posterior	Rotura de amortiguadores	Evitar
				Rotura de ballestas o barras estabilizadoras	Evitar



		Técnico	Vehículo con ruidos extraños en suspensión posterior	Rotura resorte de amortiguación	Evitar
				Desgaste en amortiguadores	Amortiguar
				Desgaste de bujes de ballesta o barra estabilizadora	Amortiguar
				Desgaste de resorte amortiguador	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación		
Vehículo	Sistema de dirección hidráulico	Funcional	No tiene dirección	Por falta de líquido	Evitar		
				Por rotura de barras de dirección	Evitar		
				Fallos en bomba hidráulica	Evitar		
				Rotura de conductos	Evitar		
		Técnico	Fuga de aceite		Fuga por retenedores de bomba hidráulica	Amortiguar	
					Fuga por retenedores de cremallera de dirección.	Amortiguar	
					Fuga por conductos.	Amortiguar	
			Vehículo sin control de dirección.			Desgaste terminal de dirección	Amortiguar
						Desgaste cremallera o caja de dirección	Amortiguar



				Desgaste de articulaciones o tirantería de dirección.	Amortiguar
				Alineación incorrecta.	Amortiguar

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema eléctrico	Funcional	Sin energía eléctrica	Descarga de batería	Evitar
				Batería no funciona	Evitar
				Alternador dañado	Evitar
				Corte en circuitos	Evitar
		Técnico	Fallos en alternador	Cortocircuitos	Amortiguar
				Conexiones mal estado	Evitar
				Alternador sin carga	Evitar
			Circuitos	Cortocircuitos en diversos sensores	Amortiguar
				Fusibles quemados	Amortiguar
				Relay en mal estado	Amortiguar

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema encendido	Funcional	Sin chispa en bujías	Comprobar sistema eléctrico	Evitar



				Rotura de cables	Evitar
				Distribución de chispa errónea	Evitar
				Bujías sin funcionamiento	Evitar
				Bobina no funciona	Evitar
	Técnico		Vehículo enciende, pero con falla	Mal funcionamiento de bujías	Amortiguar
				Cables de encendido mal estado	Amortiguar
				Bobina en mal estado	Amortiguar
				Revisión del sistema de distribución	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Vehículo	Sistema inyección	Funcional	Sin inyección de combustible	Falta de combustible	Evitar
				Rotura de cañerías de combustible	Evitar
				Sin funcionamiento de bomba de combustible	Evitar
				Revisión sistema eléctrico	Evitar
				Obstrucción en filtro de combustible	Evitar
				Fallo de inyectores	Evitar



			Vehículo enciende, pero con falla	Sistema con aire (purgar sistema)	Evitar
				Revisión del sistema de distribución.	Evitar
				Revisión sistema de encendido	Evitar
		Técnico		Revisión sistema eléctrico	Amortiguar
				Revisión sistema de encendido	Amortiguar
				Revisión sistema de distribución	Amortiguar
				Revisión inyectores	Amortiguar
				Filtro de combustible mal estado	Amortiguar
				Revisión de cañerías	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Vehículo	Sistema de refrigeración	Funcional	Sin enfriamiento del motor	Falta de refrigerante	Evitar
				Rotura de conducto del refrigerante	Evitar
				Sin funcionamiento de bomba de agua	Evitar
				Revisión sistema eléctrico	Evitar
				Rotura de ventilador del sistema	Evitar



		Técnico	Fugas de refrigerante	Sin funcionamiento de termostato	Evitar
				Daños en tapa de radiador	Amortiguar
				Fugas en radiador	Amortiguar
				Fugas en conductos de refrigeración	Amortiguar
				Fuga por bomba de agua	Amortiguar
			Fugas de agua dentro de cilindros de motor	Amortiguar	
			Temperatura elevada	Revisión sistema eléctrico	Amortiguar
				Revisión funcionamiento de termostato	Amortiguar
				Revisión funcionamiento de tapa de radiador	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Vehículo	Sistema de lubricación	Funcional	Sistema no lubrica	Falta de aceite	Evitar
				Filtro obstruido	Evitar
				Obstrucción de conductos	Evitar
				Bomba de lubricación no funciona	Evitar
		Técnico	Fugas de lubricante	Fugas en retenedores de aceite	Amortiguar



				Fuga en indicador de aceite	Amortiguar
				Fugas en conductos lubricación	Amortiguar
				Fuga por bomba de lubricación	Amortiguar
				Fugas por empaquetaduras	Amortiguar
			Agua en aceite	Empaque de cabezote roto	Amortiguar
				Recalentamiento de motor	Amortiguar

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema de distribución	Funcional	Sin distribución	Falta de banda o cadena de distribución	Evitar
				Rotura de banda o cadena de distribución	Evitar
				Rotura de rodamientos de distribución	Evitar
		Técnico	Fallas de motor por distribución	Mala colocación de banda o cadena	Amortiguar
				Banda o cadena no compatible	Amortiguar
			Ruidos en distribución	Bandas no compatibles	Amortiguar
				Rodamientos en mal estado	Amortiguar



				Colocación errónea de distribución	Amortiguar
--	--	--	--	------------------------------------	------------

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Vehículo	Sistema de transmisión	Funcional	Sin transmisión	Rotura de engranajes	Evitar
				Sin accionamiento pedal de embrague	Evitar
				Rotura de ejes de transmisión	Evitar
				Rotura de mandos para caja de cambios	Evitar
				Sin lubricación	Evitar
				Rotura bases de motor	Evitar
				Rotura de plato de embrague	Evitar
		Técnico	Fallas en embrague	Desgaste de disco de embrague	Amortiguar
				Rotura de rodamiento separador	Amortiguar
				Mal funcionamiento de plato de embrague	Amortiguar
				Horquilla de accionamiento de rodillo	Amortiguar
			Ruidos en transmisión	Rodamientos en mal estado	Amortiguar
				Sin sincronización de cambios	Amortiguar



<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Vehículo	Sistema de iluminación	Funcional	Sin iluminación	Fusibles quemados	Evitar
				Revisión sistema eléctrico	Evitar
				Luminarias quemada	Evitar
				Desconexión de luminarias	Evitar
		Técnico	Poca iluminación	Revisión sistema eléctrico	Amortiguar
				Conexiones a negativo de batería	Amortiguar
				Mal funcionamiento de relay	Amortiguar

**Tareas de mantenimiento de cada sistema del vehículo**

<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema frenado neumático	Vehículo no frena	Sin aire comprimido	Revisión periódica de compresor de aire
		Rotura de mangueras neumáticas	Cambio de mangueras neumáticas
		Rotura de membrana de pulmones de freno	Sustituir membrana de pulmones.
		Agarrotamiento de válvulas	Sustitución de válvulas
		Mal funcionamiento de regulador de presión	Revisión y sustitución de regulador de presión
	Frena con dificultad	Des calibración de frenos	Calibración de frenos
		Sonidos extraños ruedas.	ABC de frenos
		Obturación de filtros de compresor.	Desobstrucción de filtros
	Sistema frenado hidráulico	Vehículo no frena	Sin liquido de freno
Bomba principal y secundaria sin liquido de freno			Sangrado de sistema de frenado
Aire en cañerías de freno			Sangrado de sistema de frenado
Calibración de frenos			ABC de frenos
Frenado con dificultad.		Calibración de frenos	ABC de frenos
		Mal funcionamiento de bomba	Comprobación de la bomba
		Escape de fluido hidráulico	Apriete de cañerías de frenado
Sustituir mangueras o cañerías en mal estado			



	Ruidos en frenado	Pastillas en mal estado	Sustituir pastillas de frenado
		Zapatas en mal estado	Sustituir zapatas de frenado
		Mala calibración de zapatas	ABC de frenos
	Recalentamiento de ruedas	Calibración excesiva de ruedas	ABC de frenos
		Mal funcionamiento de válvula distribuidora	Sustituir válvula distribuidora

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de suspensión	Vehículo sin funcionamiento suspensión delantero.	Rotura de amortiguadores	Sustituir amortiguadores
		Rotura de platos de suspensión	Sustituir platos de suspensión
		Rotura estabilizador	Sustituir estabilizador
		Rotura de resorte de amortiguación	Sustituir resortes de amortiguación
	Vehículo con ruidos extraños en suspensión delantera	Desgaste en bujes.	Sustituir bujes de suspensión
		Desgaste en rotulas.	Apriete o sustitución de rotulas
		Desgaste en amortiguador	Comprobar funcionamiento de amortiguadores
		Desgaste de resorte de amortiguación	Comprobar funcionamiento de resorte
	Vehículo sin funcionamiento suspensión posterior.	Rotura de amortiguadores	Cambio de amortiguadores
		Rotura de ballestas o barras estabilizadoras	Cambio de ballestas o barras
		Rotura resorte de amortiguación	Cambio de resorte
	Vehículo con ruidos extraños en	Desgaste en amortiguadores	Comprobación de amortiguadores



	suspensión posterior	Desgaste de bujes de ballesta o barra estabilizadora	Sustitución de bujes de ballesta o barras estabilizadoras
		Desgaste de resorte amortiguador	Comprobar funcionamiento de resorte amortiguador

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento	
Sistema de dirección hidráulico	No tiene dirección	Por falta de aceite hidráulico	Reposición de aceite hidráulico	
			Sustituir líquido hidráulico	
		Por rotura de barras de dirección	Sustituir barras de dirección	
		Fallos en bomba hidráulica	Sustituir bomba hidráulica	
			Rotura de conductos	Sustituir conductos
	Fuga de aceite	Fuga por retenedores de bomba hidráulica	Cambio de retenedores	
		Fuga por retenedores de cremallera de dirección.	Sustituir kit de cremallera	
		Fuga por conductos.	Revisión visual de fugas por conductos	
			Apriete de cañerías y bridas.	
	Vehículo sin control de dirección.	Desgaste terminal de dirección	Apriete de dirección	
			Sustituir terminal de dirección	
		Aceite en mal estado	Sustituir líquido hidráulico	
		Desgaste cremallera o caja de dirección	Arreglo de bujes o acoples de dirección	



		Desgaste de articulaciones o tirantería de dirección.	Apriete de articulaciones o tirantería de dirección
		Alineación incorrecta.	Alinear, balanceo de neumáticos

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema eléctrico	Sin energía eléctrica	Descarga de batería	Cargar batería
		Batería no funciona	Cambio de batería
		Alternador dañado	Revisión de alternador
		Corte en circuitos	Revisión de circuitos
	Fallos en alternador	Cortocircuitos	Revisión de circuitos
		Conexiones mal estado	Revisión de conexiones externas de alternador
		Alternador sin carga	Revisión conexiones internas de alternador
			Revisión estado del alternador
	Circuitos	Cortocircuitos en diversos sensores	Revisión de sensores y conexiones
		Fusibles quemados	Revisión de fusibles
			Sustituir fusibles
		Relay en mal estado	Revisión de relay
	Sustituir fusibles		



<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema encendido	Sin chispa en bujías	Comprobar sistema eléctrico	Revisión de conexiones eléctricas
		Rotura de cables	Sustituir cables
		Distribución de chispa errónea	Revisión de distribuidor y sistema de distribución
		Bujías sin funcionamiento	Sustituir bujías
		Bobina no funciona	Sustituir bobinas
	Vehículo enciende, pero con falla	Mal funcionamiento de bujías	Revisión o sustitución de bujías
		Cables de encendido mal estado	Revisión de ohm de cables
			Sustituir cables
		Bobina en mal estado	Revisión de bobina o cambio si es necesario
	Sistema de distribución	Revisión del sistema de distribución	

<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema inyección	Sin inyección de combustible	Falta de combustible	Llenar de combustible al depósito
		Rotura de cañerías de combustible	Sustituir cañerías
		Sin funcionamiento de bomba de combustible	Cambiar bomba de combustible
		Revisión sistema eléctrico	Verificar conexiones eléctricas



		Obstrucción en filtro de combustible	Sustituir filtro de combustible
		Fallo de inyectores	Lavar inyectores
			Sustituir inyectores
		Sistema con aire (purgar sistema)	Purgar sistema de combustible en vehículos a diésel
		Revisión del sistema de distribución.	Revisión de la puesta a punto de distribución
		Revisión sistema de encendido	Revisión cableada de inyectores
	Revisión de cableado hacia la bomba		
	Vehículo enciende, pero con falla	Revisión sistema eléctrico	Verificar conexiones eléctricas
		Revisión sistema de encendido	Verificar conexiones del sistema de encendido
		Revisión sistema de distribución	Verificar estado de banda y accesorios de la distribución
		Revisión inyectores	Lavado de inyectores
		Filtro de combustible mal estado	Sustituir filtro de combustible
		Revisión de cañerías	Limpieza de cañerías

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de refrigeración	Sin enfriamiento del motor	Falta de refrigerante	Reponer refrigerante
		Rotura de conducto del refrigerante	Sustituir conductos rotos



		Sin funcionamiento de bomba de agua	Cambiar bomba de agua
		Revisión sistema eléctrico	Revisión de cableado de indicadores de temperatura
		Rotura de ventilador del sistema	Sustituir ventilador
		Sin funcionamiento de termostato	Sustituir termostato
	Fugas de refrigerante	Daños en tapa de radiador	Verificar estado de tapa de radiador
		Fugas en radiador	Verificar y apriete de cañerías del radiador
		Fugas en conductos de refrigeración	Apriete de conductos de refrigeración
		Fuga por bomba de agua	Cambiar bomba de agua
		Fugas de agua dentro de cilindros de motor	Cepillado de cabezote y sustitución de empaques
	Temperatura elevada	Revisión sistema eléctrico	Revisión conexiones del indicador de temperatura
		Revisión funcionamiento de termostato	Revisión de la apertura de termostato
		Revisión funcionamiento de tapa de radiador	Revisión de fugas por tapa de radiador

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de lubricación	Sistema no lubrica	Falta de aceite	Sustituir aceite
		Filtro obstruido	Sustituir filtro de aceite



		Obstrucción de conductos	Reparación de conductos de lubricación
		Bomba de lubricación no funciona	Sustituir bomba de lubricación
	Fugas de lubricante	Fugas en retenedores de aceite	Revisión visual de fugas de aceite
			Sustituir retenedores de aceite
		Fuga en indicador de aceite	Sustituir indicador de aceite
		Fugas en conductos lubricación	Arreglo de conductos de lubricación
		Fuga por bomba de lubricación	Sustituir bomba
	Fugas por empaquetaduras	Sustituir empaquetaduras	
	Agua en aceite	Empaque de cabezote roto	Sustituir empaque y arreglo de cabezote
		Recalentamiento de motor	Arreglo de cabezote

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de distribución	Sin distribución	Falta de banda o cadena de distribución	Reparar banda de distribución
		Rotura de banda o cadena de distribución	Sustituir banda de distribución
			Sustitución de válvulas si es necesario
	Rotura de rodamientos de distribución	Sustituir banda rodamientos	
Fallas de motor por distribución	Mala colocación de banda o cadena	Reparar la colocación de banda o cadena	



		Banda o cadena no compatible	Sustituir banda de distribución
	Ruidos en distribución	Bandas no compatibles	Sustituir bandas
		Rodamientos en mal estado	Sustituir rodamientos
		Colocación errónea de distribución	Colocar banda correctamente y comprobar

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de transmisión	Sin transmisión	Rotura de engranajes	Reparación caja de cambios
		Sin accionamiento pedal de embrague	Sustituir accionamiento de embrague
			Drenaje de aire de cañerías
		Rotura de ejes de transmisión	Sustituir ejes o puntas de transmisión
		Rotura de mandos para caja de cambios	Sustituir mandos de caja de cambios
		Sin lubricación	Cambio y colación de aceite lubricante
		Rotura bases de motor	Sustituir bases de motor
	Rotura de plato de embrague	Sustituir kit de embrague	
	Fallas en embrague	Desgaste de disco de embrague	Sustituir kit de embrague
		Rotura de rodamiento separador	Sustituir kit de embrague
		Mal funcionamiento de plato de embrague	Sustituir kit de embrague



		Horquilla de accionamiento de rodillo rota	Sustituir horquilla de accionamiento
	Ruidos en transmisión	Rodamientos en mal estado	Cambiar rodamientos de la caja de cambios
		Sin sincronización de cambios	Cambiar sincronizadores de caja de cambios

Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Sistema de iluminación	Sin iluminación	Fusibles quemados	Sustituir fusibles
		Revisión sistema eléctrico	Revisión y arreglo de conexiones eléctricas
		Luminarias quemada	Sustituir luminarias
		Desconexión de luminarias	Conectar acoples de luminarias
	Poca iluminación	Revisión sistema eléctrico	Revisión de conexiones
		Conexiones a negativo de batería	Revisión de conexiones
		Mal funcionamiento de relay	Sustituir relay

**Periodicidad de mantenimientos según el sistema del vehículo.**

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de frenado	Diaria	Revisión de aire de compresor Revisión de nivel de fluidos
	10000 Km	ABC de frenos Apriete de cañerías de frenado Desobstrucción de filtros Calibración de frenos
	20000 Km	Sustituir pastillas de frenado Sustituir zapatas de frenado Comprobación de la bomba Sangrado de sistema de frenado Cambio de líquido de freno
	50000 Km	Sustituir mangueras o cañerías en mal estado Sustituir válvula distribuidora
	90000 Km	Cambio de mangueras neumáticas Sustituir membrana de pulmones. Sustitución de válvulas Revisión y sustitución de regulador de presión

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de suspensión	10000 Km	Comprobar funcionamiento de amortiguadores Comprobar funcionamiento de resorte Apriete de suspensión
	30000 Km	Sustitución de bujes de ballesta
	50000 Km	Sustituir amortiguadores Sustituir platos de suspensión



		Sustituir bujes de estabilizador Apriete o sustitución de rotulas Cambio de ballestas o barras
	90000 Km	Sustituir resortes de amortiguación

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de dirección	Diaria	Revisión de nivel de aceite hidráulico Revisión de ruidos en el sistema de dirección
	10000 Km	Alinear, balanceo de neumáticos Revisión visual de fugas por conductos Apriete de articulaciones o tirantería de dirección Apriete de cañerías y bridas.
	30000 Km	Arreglo de bujes o acoples de dirección
	50000 Km	Sustituir terminal de dirección Sustituir barras de dirección Sustituir líquido hidráulico Sustituir conductos
	90000 Km	Sustituir kit de cremallera Cambio de retenedores de bomba hidráulica Sustituir bomba hidráulica Sustituir cremallera

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema eléctrico	Diaria	Revisión visual de circuitos Revisión visual de fallos en el sistema eléctrico informar
	20000 Km	Revisión de circuitos Revisión de fusibles



	40000 Km	Revisión de conexiones externas de alternador Revisión conexiones internas de alternador Revisión estado del alternador
	60000 Km	Cambio de batería Revisión de sensores y conexiones Sustituir fusibles Revisión de relay

Sistema	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Sistema encendido	Diaria	Revisión de conexiones eléctricas
	25000 Km	Revisión del sistema de distribución Revisión o sustitución de bujías Revisión de ohm de cables Revisión de bobina o cambio si es necesario
	50000 Km	Sustituir bujías Sustituir cables Sustituir bobinas

Sistema	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Sistema inyección	Diaria	Revisión nivel de combustible en el deposito
	25000 Km	Sustituir filtro de combustible Lavar inyectores Purgar sistema de combustible en vehículos a diésel Revisión de la puesta a punto de distribución Verificar conexiones eléctricas
	50000 Km	Cambiar bomba de combustible
	100000 Km	Sustituir inyectores Sustituir cañerías



		Verificar conexiones del sistema de encendido Verificar estado de banda y accesorios de la distribución
--	--	--

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema refrigeración	Diaria	Revisión del nivel de refrigerante Revisión de fugas de refrigerante
	25000 Km	Revisión conexiones del indicador de temperatura Revisión de la apertura de termostato Revisión de fugas por tapa de radiador Verificar y apriete de cañerías del radiador Apriete de conductos de refrigeración
	50000 Km	Sustituir conductos o mangueras rotas Sustituir termostato Cambiar bomba de agua Cambiar bomba de agua
	100000 Km	Sustituir ventilador Cepillado de cabezote y sustitución de empaques

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema lubricación	Diaria	Revisión de nivel de aceite Revisión de fugas de aceite
	5000 Km	Cambio de aceite Sustituir filtro de aceite
	25000 Km	Verificar y sustituir (si es necesario) estado de retenedores de aceite
	50000 Km	Reparación de conductos de lubricación Sustituir indicador de aceite



	100000 Km	Sustituir bomba de lubricación Arreglo de conductos de lubricación Sustituir empaquetaduras
--	-----------	---

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de distribución	50000 Km	Sustituir banda de distribución Sustituir rodamientos
	100000 Km	Sustitución de válvulas si es necesario

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de transmisión	Diaria	Revisión de fugas de lubricante
	5000 Km	Cambio de aceite Sustituir filtro de aceite
	30000 Km	Cambio de aceite lubricante
	60000 Km	Limpieza de ejes o puntas de transmisión Sustituir mandos de caja de cambios
	90000 Km	Sustituir accionamiento de embrague
	150000 Km	Sustituir kit de embrague Reparación caja de cambios (si es necesario) Cambiar sincronizadores de caja de cambios (si es necesario)

<b>Sistema</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Sistema de iluminación	Diaria	Revisión de luminarias.
	20000 Km	Revisión y arreglo de conexiones eléctricas Sustituir fusibles Sustituir luminarias Sustituir relay



## ANEXO 4

Tablas de modos de falla, tareas de mantenimiento y programación de mantenimientos para la maquinaria.



**Modos de falla por sistemas de maquinaria**

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Alineadora	Sistema eléctrico	Funcional	Alineadora sin corriente	Cableado deteriorado	Evitar
				Fusibles quemados	Evitar
				Baterías descargadas	Evitar
				Perdida de señal	Evitar
	Técnico	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Amortiguar	
			Elementos de instalación incorrectos	Amortiguar	
	Sistemas de control	Funcional	Sistema computacional no responde	Falta de actualización de software	Evitar
		Técnico	Fallo computacional	Computadora con daños	Amortiguar

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Clasificación</b>
Limpiador de inyectores (canister)	Sistemas de control	Funcional	No permite cierre de fluido	Válvula rota.	Evitar
		Técnico	Caída de liquido	Válvulas con fugas interna mínima.	Amortiguar
	Sistema neumático	Funcional	No recibe aire a presión	Rotura de acoples o mangueras de aire	Evitar
				Mal funcionamiento de equipo compresor	Evitar
		Técnico	Perdidas de presión de aire	Fugas en acoples o mangueras de aire	Amortiguar
	Sistema hidráulico	Funcional	No recibe liquido	Rotura de deposito	Evitar



		Técnico	Perdidas de líquido	Fugas internas de líquido por depósito	Amortiguar
--	--	---------	---------------------	--	------------

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Elevador	Sistema de control	Funcional	No permite elevar vehículo	Conexión de comandos desconectados	Evitar
		Técnico	Respuesta lenta de elevación	Mal funcionamiento de comandos	Amortiguar
	Sistema Neumático	Funcional	No permite elevar vehículo	Falta de presión de aire	Evitar
				Mal funcionamiento de equipo compresor	Evitar
	Técnico	Perdidas de presión de aire	Fugas en acoples o mangueras de aire	Amortiguar	
	Sistema Hidráulico	Funcional	No recibe líquido	Rotura de depósito o cañerías	Evitar
		Técnico	Perdidas de líquido	Fugas internas de líquido	Amortiguar
	Sistema eléctrico	Funcional	Elevador sin corriente	Cableado deteriorado	Evitar
				Fusibles quemados	Evitar
	Técnico	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Amortiguar	
	Sistema mecánico	Funcional	Traba del elevador	Rotura de cadenas y engranajes	Evitar
				Rotura de cables elevadores	Evitar



		Técnico	Forzamiento en el elevador	Oxidación de sistema mecánico	Amortiguar
	Sistema de seguridad	Técnico	Inadecuada seguridad	Enclavamientos libres automáticamente	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Balanceadora	Sistema de control	Funcional	No permite elegir los datos	Desconexión de sistema de control	Evitar
				Comandos o campo de manejo deteriorados	Evitar
		Técnico	Mala elección de datos	Software desactualizado	Amortiguar
	Sistema de seguridad	Funcional	No funciona la brida de centrado	Cubierta protectora no acciona.	Evitar
		Técnico	Protección Ineficaz	Cubierta Protectora roto o deteriorado	Amortiguar
	Sistema eléctrico	Funcional	Sin corriente	Fusible quemado	Evitar
				Daños en la conexión eléctrica	Evitar
				Sin conexión de red.	Evitar
		Técnico	Motor no alcanza el número de revoluciones	Baja tensión de red.	Amortiguar



Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Rectificador de discos	Sistema de control	Funcional	No permite control de rectificado	Desconexión de sistema de control	Evitar
				Rotura de mandos	Evitar
		Técnico	Los parámetros de rectificado son erróneos	Mando de entrada trabaja incorrectamente	Amortiguar
	Sistema lubricación.	Funcional	Falta de aceite de lubricación	Sin aceite de lubricación	Evitar
				Bomba de aceite no funciona	Evitar
		Técnico	Fugas de aceite	Rotura de retenedores y empaques	Amortiguar
	Sistema eléctrico	Funcional	Sin corriente en el rectificador de discos	Cableado deteriorado	Evitar
				Fusibles quemados	Evitar
		Técnico	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Amortiguar
	Sistema mecánico	Funcional	No funciona el mandril	Rotura de engranes	Evitar
				Rotura de cojinetes	Evitar
		Técnico	Ruido en funcionamiento	Engranajes y cojinetes en mal estado	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Enllantadora	Sistema eléctrico	Funcional	No enciende máquina	Fusibles averiados	Evitar



				Cableado deteriorado	Evitar
		Técnico	Motor no arranca adecuadamente	Tensión de red inadecuada	Amortiguar
	Sistema de seguridad	Técnico	Torque excesivo	Válvula limitadora de presión deteriorada	Amortiguar
	Sistema neumático	Funcional	Pérdida del sistema neumático	Desconexión del sistema neumático	Evitar
				Baja presión neumática.	Evitar
		Técnico	Inadecuada sujeción de neumático	Baja presión neumática.	Amortiguar
	Sistema hidráulico	Funcional	Pérdida del sistema hidráulico	Motor de centralita no funciona	Evitar
				Fusible averiado.	Evitar
		Técnico	Plato de ajuste no bloquea	Válvula reductora de presión dañada	Amortiguar
	Sistema de control	Funcional	No funciona mandos	Pedales desconectado	Evitar
				Pedales rotos	Evitar
		Técnico	Desactivación automática de pedales.	Elementos desgastados	Amortiguar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Cargador de sistema de aire acondicionado	Sistema de control	Técnico	No permite elegir datos	Comandos deteriorados	Amortiguar
			Base de datos incorrecta	Desactualización de la microprogramación	Amortiguar
	Sistema Neumático	Funcional	Fugas de presión	Acoples desgastados	Evitar
				Cañerías deterioradas	Evitar



			Caída de alta presión	Conexión incorrecta	Evitar
				Sensor de presión descalibrado	Evitar
			Fugas de presión	Acoples desgastados	Evitar
	Sistema Hidráulico	Funcional	Fugas de presión	Acoples desgastados	Evitar
				Cañerías deterioradas	Evitar
		Técnico	Caída de alta presión	conexión incorrecta	Amortiguar
				Sensor de presión descalibrado	Amortiguar
				Filtros taponados	Amortiguar
	Sistema eléctrico	Funcional	No enciende	Fusibles dañados	Evitar
				Tensión no adecuada	Evitar
				Cableado deteriorado	evitar

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Compresor	Sistema de control	Funcional	No enciende el equipo	Controles desconectados	Evitar
				Comandos rotos	Evitar
	Sistema de lubricación	Funcional	No lubrica elementos	Bomba hidráulica dañada	Evitar
				Cañerías rotas	Evitar
		Técnico	Fugas de aceite	Empaques o retes en mal estado	Amortiguar



	Sistema eléctrico	Funcional	No enciende	Fusibles deteriorados	Evitar
				Cableado en mal estado	Evitar
	Sistema mecánico	Funcional	No funciona motor	Rotura de banda	Evitar
				Elementos de motor deteriorados	Evitar
	Sistema de seguridad	Técnico	Bandas desprotegidas.	Protector roto	Amortiguar
				Técnico	Ruidos

Máquina	Sistema	Tipo de falla	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Generador de nitrógeno	Sistema de control	Funcional	No permite elegir datos	Comandos dañados	Evitar
				Desconexión de comandos.	Evitar
	Sistema neumático	Funcional	Neumático no se infla	Compresor no está generando presión.	Evitar
				Mangueras conectadas inadecuadamente	Evitar
		Técnico	Excesivo tiempo de inflado	Baja presión.	Amortiguar
				Fugas	Acoples de mangueras deterioradas.
	Sistema eléctrico	Funcional	Equipo no enciende	Fusibles en mal estado.	Evitar
				Cableada mal estado.	Evitar



		Técnico	Sonidos defectuosos	Compresor en mal estado.	Amortiguar
	Sistema de seguridad	Técnico	No existe control de presión	Válvula de presión no funciona	Amortiguar

**Tareas de mantenimiento de cada sistema de maquinaria**

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Alineadora	Sistema eléctrico	Alineadora sin señal	Cableado deteriorado	Revisión del cableado
				Revisión de socket y terminales
			Fusibles quemados	Revisión de los fusibles
			Baterías descargadas	Revisión y recarga de batería
			Perdida de señal	Limpieza de sensores
	Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	controlar las tomas de la red y conexiones	
	Sistemas de control	Sistema computacional no responde	Falta de actualización de software	Realizar actualización de la base de datos
Fallo computacional		Computadora con daños	Chequeo general del sistema informático	

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Limpiador de inyectores	Sistemas de control	No permite cierre de fluido	Válvula rota.	Revisión del estado de la válvula
				Sustitución de la válvula
		Caída de líquido	Válvulas con fugas interna mínima.	Revisión del estado de la válvula



	Sistema neumático	No recibe aire a presión	Rotura de acoples o mangueras de aire	Sustitución de la válvula
				Revisión de fugas de aire
				Sustitución de acoples deteriorados
		Mal funcionamiento de equipo compresor	Sustitución de mangueras	
			Revisión de la presión neumática	
			Revisión de elemento compresor	
	Perdidas de presión de aire	Fugas en acoples o mangueras de aire	Sustitución de acoples	
			Sustitución de mangueras	
	Sistema hidráulico	No recibe líquido	Rotura de depósito	Sustitución del depósito
		Perdidas de líquido	Fugas internas de líquido por depósito	Sustitución del depósito
Revisión de fugas de líquido				

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Elevador	Sistema de control	No permite elevar vehículo	Conexión de comandos desconectados	Revisión de conexiones
				Revisión de comandos
		Respuesta lenta de elevación	Mal funcionamiento de comandos	Revisión de válvulas
				Revisión de tensión
	Sistema Neumático	No permite elevar vehículo	Falta de presión de aire	Revisión de presión
				Revisión de fugas de aire
		Mal funcionamiento	Revisión de presión neumática	



			o de equipo compresor	
				Revisión del elemento compresor
		Perdidas de presión de aire	Fugas en acoples o mangueras de aire	Revisión de acoples
				Revisión de mangueras
				Sustitución de acoples o mangueras
		Sistema Hidráulico	No recibe liquido	Rotura de depósito o cañerías
	Sustitución de elementos deteriorados			
	Revisión de fugas de aceite			
		Perdidas de liquido	Fugas internas de líquido	Revisión de pistones hidráulicos
	Sistema eléctrico	Elevador sin corriente	Cableado deteriorado	Revisión del sistema de cableado
			Fusibles quemados	Revisión del estado de fusibles
				Sustitución de fusibles
		Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Revisión de tensión
				Revisión de conexiones
	Sistema mecánico	Traba del elevador	Rotura de cadenas y engranajes	Engrase de partes móviles
Sustitución de cadenas				
			Sustitución de engranes	
		Rotura de cables elevadores	Cambio de cables	



		Forzamiento en el elevador	Oxidación de sistema mecánico	Engrase del sistema mecánico
	Sistema de seguridad	Inadecuada seguridad	Enclavamientos libres automáticamente	Engrase de enclavamientos
				Revisión de trabas o enclavamientos
				Sustitución de enclavamientos

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento	
Balanceadora	Sistema de control	No permite elegir los datos	Desconexión de sistema de control	Control de la conexión de red	
			Comandos o campo de manejo deteriorados	Revisión de estado de comandos	
				Sustitución de comandos deteriorados	
		Mala elección de datos	Software desactualizado	Actualización de software	
	Sistema de seguridad	No funciona la brida de centrado	Cubierta protectora no acciona.	Engrase de la parte móvil del protector	
				Revisión del accionamiento de la cubierta protectora	
		Protección Ineficaz	Cubierta Protectora roto o deteriorado	Sustitución de la cubierta protectora	
	Sistema eléctrico	Sin corriente		Fusible quemado	Revisión del estado de fusibles
				Sustitución de fusibles quemados	
				Daños en la conexión eléctrica	Revisión del sistema de cableado



				Sustitución de elementos eléctricos deteriorados
			Sin conexión de red.	Comprobar la conexión eléctrica y conexión de red
		Motor no alcanza el número de revoluciones	Baja tensión de red.	Comprobación de tensión de red

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Rectificador de discos	Sistema de control	No permite control de rectificado	Desconexión de sistema de control	Revisión de conexión de comandos
			Rotura de mandos	Revisión de estado de comandos
				Sustitución de comandos deteriorados
		Los parámetros de rectificado son erróneos	Mando de entrada trabaja incorrectamente	Revisión de cuchillas
	Sistema lubricación.	Falta de aceite de lubricación	Sin aceite de lubricación	Revisión de nivel de aceite
			Bomba de aceite no funciona	Cambio o reajuste de aceite
				Revisión de bomba de aceite
		Fugas de aceite	Rotura de retenedores y empaques	Revisión de presencia de fugas
				Cambio de retenes o empaques



	Sistema eléctrico	Sin corriente en el rectificador de discos	Cableado deteriorado	Revisión del sistema eléctrico
				Sustitución de elementos deteriorados
			Fusibles quemados	Comprobación del estado de fusibles
			Sustitución de fusibles quemados	
		Caídas de tensión	Instalaciones incorrectas	Revisión de conexión eléctrica
				Revisión y medición de tensión de tensión
	Sistema mecánico	No funciona el mandril	Rotura de engranes	Engrase y lubricación de las partes móviles
				Cambio de elementos deteriorados
			Rotura de cojinetes	Cambio de elementos deteriorados
		Ruido en funcionamiento	Engranajes y cojinetes en mal estado	Revisión del nivel de lubricación
Sustitución de elementos deteriorados				

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Enllantadora	Sistema eléctrico	No enciende máquina	Fusibles averiados	Sustitución de fusibles quemados
			Cableado deteriorado	Revisión del sistema eléctrico
				Sustitución de elemento deteriorados



		Motor no arranca adecuadamente	Tensión de red inadecuada	Controlar la tensión de alimentación
				Verificación de conexión eléctrica
	Sistema de seguridad	Torque excesivo	Válvula limitadora de presión deteriorada	Regular válvula limitadora de presión
				Sustitución de válvula limitadora de presión
	Sistema neumático	Perdida del sistema neumático	Desconexión del sistema neumático	Revisión del sistema neumático
				Regulación de válvulas neumáticas
				Sustitución de elementos deteriorados
				Regulación de válvulas
		Inadecuada sujeción de neumático	Baja presión neumática.	Regulación de válvulas
	Sistema hidráulico	Perdida del sistema hidráulico	Motor de centralita no funciona	Revisión de la conexión eléctrica
				Controlar la tensión de alimentación
				Revisar las fases de red (invertidas)
		Plato de ajuste no bloquea	Válvula reductora de presión dañada	Fusible averiado.
				Regular correctamente la válvula reductora de presión



				Sustitución de válvula
	Sistema de control	No funciona mandos	Pedales desconectado	Revisión de conexión de alimentación
				Revisión del sistema hidráulico y neumático
			Pedales rotos	Sustitución de pedales
		Desactivación automática de pedales.	Elementos desgastados	Revisión de elementos de accionamiento

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Cargador de sistema de aire acondicionado	Sistema de control	No permite elegir datos	Comandos deteriorados	Revisión de comandos
		Base de datos incorrecta	Desactualización de la microprogramación	Actualización de la microprogramación
	Sistema Neumático	Fugas de presión	Acoples desgastados	Revisión y sustitución de acoples deteriorados
			Cañerías deterioradas	Revisión y sustitución de cañerías deterioradas
		Caída de alta presión	Conexión incorrecta	Revisión de conexión
			Sensor de presión descalibrado	Calibración del sensor de presión
		Fugas de presión	Acoples desgastados	Revisión y sustitución de acoples deteriorados
	Sistema Hidráulico	Fugas de presión	Acoples desgastados	Revisión y sustitución de acoples deteriorados



			Cañerías deterioradas	Revisión y sustitución de cañerías deterioradas
		Caída de alta presión	conexión incorrecta	Revisión de la conexión
			Sensor de presión descalibrado	Calibración del sensor de presión
			Filtros taponados	Sustitución de filtros
	Sistema eléctrico	No enciende	Fusibles dañados	Sustitución de fusibles quemados
			Tensión no adecuada	Revisión y medición de tensión de alimentación
			Cableado deteriorado	Revisión del sistema eléctrico

Máquina	Sistema	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento
Compresor	Sistema de control	No enciende el equipo	Controles desconectados	Comprobar si los controles están instalados
			Comandos rotos	Revisión del estado de comandos
		Cambiar comandos deteriorados		
	Sistema de lubricación	No lubrica elementos	Bomba hidráulica dañada	Revisión del funcionamiento o correcto de la bomba hidráulica
			Cañerías rotas	Revisión de fugas de aceite
				Cambio de cañerías o acoples
		Fugas de aceite	Revisión de fugas de aceite	



			Empaques o retes en mal estado	Sustitución de retenes o empaques	
	Sistema eléctrico	No enciende	Fusibles deteriorados	Sustitución de fusibles quemados	
			Cableado en mal estado	Revisión del sistema eléctrico	
		No arranca bien		Baja tensión	Cambio de elementos deteriorados
			Verificar la tensión de red		
	Sistema mecánico	No funciona motor	Rotura de banda	Verificar la conexión correcta de fases	
				Sustitución de bandas o cadenas	
		Ruidos	Desgaste de elementos	Revisión del correcto funcionamiento o del motor	
				Revisión y detección de ruidos	
		Sistema de seguridad	Bandas desprotegidas.	Protector roto	Sustitución de elementos deteriorados
					Revisión del protector
				Sustitución del protector de banda	

<b>Máquina</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción del fallo</b>	<b>Descripción modo de fallo</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Generador de nitrógeno	Sistema de control	No permite elegir datos	Comandos dañados	verificación del funcionamiento



				o correcto de comandos
				Sustitución de comandos deteriorados
			Desconexión de comandos.	Verificación de la conexión de comandos
	Sistema neumático	Neumático no se infla	Compresor no está generando presión.	Revisión del elemento compresor
			Mangueras conectadas inadecuadamente.	Revisión de cañerías
				Revisión de conexión neumática
		Excesivo tiempo de inflado	Baja presión.	Revisión de la presión neumática
				Calibración de la válvula regulador de presión
		Fugas	Acoples de mangueras deterioradas.	Revisión de fugas de aire
	Sustitución de cañerías o acoples deteriorados.			
	Sistema eléctrico	Equipo no enciende	Fusibles en mal estado.	Sustitución de fusibles quemados
			Cableada mal estado.	Revisión del sistema eléctrico
		Sonidos defectuosos	Compresor en mal estado.	Detección de ruidos
			Sustitución de elementos dañados	
Sistema de seguridad	No existe control de presión	Válvula de presión no funciona	Calibración de la válvula limitadora de presión	
			Sustitución de la válvula	



				limitadora de presión
--	--	--	--	-----------------------

### Periodicidad de mantenimiento por maquinaria

Maquinaria	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Alineadora	Diaria	Limpieza de los sensores con un paño seco, suave y antiestético. Revisión de carga de los sensores.
	Semanal	Revisión y control de la toma red y demás conexiones. Revisión y control de sockets y terminales.
	Mensual	Revisión del sistema de cableado. Revisión del estado de fusibles.
	Anual	Actualización del software o la base de datos. Chequeo general del sistema informático.

Maquinaria	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Limpiador de inyectores	Diaria	Revisión de fugas de aire. Revisión de líquido limpiador de inyectores. Limpieza del equipo (deposito, manguetas, nanómetro, acoples.)
	Semanal	Revisión del estado de acoples. Revisión del estado de mangueras.
	Mensual	Revisión del correcto funcionamiento de válvulas. Revisión del correcto funcionamiento del manómetro.
	Anual	Sustitución de acoples deteriorados. Sustitución de mangueras deterioradas. Sustitución de manómetro deteriorado. Sustitución de válvulas deterioradas.

Maquinaria	Periodicidad	Tareas de mantenimiento
Elevador	Diaria	Revisión de fugas neumáticas e hidráulicas. Revisión de conexiones. Limpieza del equipo.
	Semanal	Revisión de comandos. Revisión del sistema de cableado. Engrase y lubricación de las partes móviles (bujes y pasadora). Engrase y lubricación de engranes y cadena.
	Mensual	Revisión de acoples neumáticas e hidráulicas. Revisión de mangueras neumáticas e hidráulicas. Revisión del estado de fusibles. Revisión y medición de tensión de alimentación.
	Trimestral	Revisión y medición de tensión de alimentación. Revisión y medición de presión neumática. Revisión de estado de válvulas neumáticas.



		Revisión de estado de válvulas hidráulicas. Reajuste de pernos y tuercas.
	Anual	Calibración y nivelación del equipo. Sustitución de acoples y mangueras deterioradas. Sustitución de válvulas deterioradas.

<b>Maquinaria</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Balanceadora	Diaria	Limpieza del equipo. Revisión del accionamiento de la cubierta.
	Semanal	Engrase y lubricación de las partes móviles.
	Mensual	Comprobar la conexión eléctrica y conexión de red. Revisión de estado de comandos.
	Trimestral	Revisión del estado de los fusibles. Revisión del sistema de cableado. Comprobación y medición de tensión de red.
	Anual	Actualización de software. Realización de calibración del equipo. Sustitución de elementos deteriorados.

<b>Maquinaria</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Rectificadora de discos	Diaria	Limpieza del equipo. Revisión de fugas de aceite.
	Semanal	Revisión de manivela de avance. Engrase y lubricación de las partes móviles. Revisión de la conexión eléctrica.
	Mensual	Revisión de la conexión de comandos. Revisión del estado de comandos. Revisión y medición de tensión.
	Trimestral	Revisión y reajuste del nivel de aceite. Revisión del sistema eléctrico. Revisión y comprobación del estado de fusibles.
	Anual	Cambio de retenes o empaques deteriorados. Sustitución de elementos deteriorados.

<b>Maquinaria</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Enllantadora	Diaria	Revisión de fugas de aire. Revisión de fugas de aceite. Limpieza del equipo.
	Semanal	Verificación de la conexión eléctrica. Revisar las fases de red. Revisión de elementos de accionamiento. Engrase y lubricación de partes móviles.
	Mensual	Revisión del sistema neumático. Revisión de válvulas neumáticas Revisión del sistema hidráulico y neumático.



	Trimestral	Revisión del sistema eléctrico. Control de la tensión de alimentación. Regular válvula limitadora de presión. Regulación de válvulas neumáticas.
	Anual	Sustitución de elementos deteriorados. Sustitución de fusibles quemados. Sustitución de válvula limitadora de presión. Sustitución de pedales.

<b>Maquinaria</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Compresor	Diaria	Revisión de fugas de aceite. Revisión del correcto funcionamiento del motor. Revisión y detección de ruidos. Limpieza del equipo.
	Semanal	Comprobar si los controles están instalados. Revisión del estado de comandos.
	Mensual	Revisión del sistema eléctrico. Verificar la tensión de red. Verificar la conexión correcta de fases.
	Trimestral	Revisión del funcionamiento correcto de la bomba hidráulica. Revisión de elementos de transmisión. Revisión del protector de banda.
	Anual	Cambiar comandos deteriorados. Cambio de cañerías o acoples. Sustitución de retenes o empaques. Sustitución de fusibles quemados. Cambio de elementos deteriorados. Sustitución de bandas o cadenas. Sustitución del protector de banda.

<b>Maquinaria</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Generador de nitrógeno	Diaria	Revisión de fugas de aire. Detección de ruidos. Limpieza del equipo.
	Semanal	Verificación del funcionamiento correcto de comandos. Revisión de conexión neumática.
	Mensual	Verificación de la conexión de comandos. Revisión de cañerías.
	Trimestral	Revisión de la presión neumática. Calibración de la válvula regulador de presión. Revisión del sistema eléctrico. Calibración de la válvula limitadora de presión.
	Anual	Sustitución de comandos deteriorados. Sustitución de cañerías o acoples deteriorados. Sustitución de fusibles quemados.



		Sustitución de cables, sockets y terminales deteriorados. Sustitución de elementos dañados. Sustitución de la válvula limitadora de presión.
--	--	--

<b>Maquinaria</b>	<b>periodicidad</b>	<b>Tareas de mantenimiento</b>
Cargador de aire acondicionado	Diaria	Limpieza del equipo y accesorios.
	Semanal	Revisión de conexiones.
	Mensual	Revisión de comandos. Revisión de acoples. Revisión de cañerías.
	Trimestral	Revisión del sistema eléctrico.
	Anual	Actualización de la microprogramación. Sustitución de acoples. Calibración del sensor de presión. Sustitución de cañerías deterioradas. Sustitución de filtros. Sustitución de fusibles quemados.



## ANEXO 5

Fichas de información.



## Solicitud de orden de compra para maquinaria

<b>SOLICITUD DE ORDEN DE COMPRA</b>					
Fecha de Solicitud			Solicitud No		
Maquinaria	Código Maquinaria	Marca	Año	Serie	Modelo
No	Descripción		Proveedor	Cantidad	Costo
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
Valor en letras				Total	
<b>Observaciones</b>					
<b>Solicitado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>		<b>Fecha de Aprobación</b>	
<b>Cargo</b>		<b>Cargo</b>			
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>			



Solicitud de orden de compra para vehículo

Fecha de Solicitud			Solicitud No		
<b>Vehículo Placa</b>	<b>Responsable</b>	<b>Combustible</b>	<b>Año</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
<b>No</b>	<b>Descripción</b>		<b>Proveedor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
<b>Valor en letras</b>				<b>total</b>	
<b>Observaciones</b>					
<b>Solicitado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>			<b>Fecha de Aprobación</b>
<b>Cargo</b>		<b>Cargo</b>			
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>			





## Solicitud de mantenimiento externo para maquinaria

<b>SOLICITUD DE SERVICIO EXTERNO DE MANTENIMIENTO</b>					
Solicitante		Solicitud Nº			
Máquina		Empresa Recomendada			
Código Máquina		Sucursal			
<b>Tipo de Mantenimiento</b>		<b>Prioridad</b>		<b>Fecha</b>	
Preventivo		Normal		Fecha inicio	
Correctivo		Importante		Fecha entrega	
Otro		Urgente			
<b>Servicio Solicitado</b>					
<b>Servicio</b>		<b>Descripción del servicio</b>			
<b>Observaciones Generales</b>					
<b>Emisión</b>			<b>Aprobación</b>		
Emite			Aprueba		
Cargo			Cargo		
Fecha			Fecha		
Firma			Firma		



## Solicitud de servicio externo de mantenimiento para vehículos

<b>SOLICITUD DE SERVICIO EXTERNO DE MANTENIMIENTO</b>					
Solicitante		Solicitud N°			
Vehículo Responsable		Empresa recomendada			
Placa		Sucursal			
<b>Tipo de Mantenimiento</b>		<b>Prioridad</b>		<b>Fecha</b>	
Preventivo		Normal		Fecha inicio	
Correctivo		Importante		Fecha entrega	
Otro		Urgente			
<b>Servicio Solicitado</b>					
<b>Servicio</b>	<b>Descripción del servicio</b>				
<b>Observaciones Generales</b>					
<b>Emisión</b>			<b>Aprobación</b>		
Emite		Aprueba			
Cargo		Cargo			
Fecha		Fecha			
Firma		Firma			



ORDEN DE TRABAJO							
DATOS PERSONALES					Placa		
Cliente	Marca						
Dirección	Modelo			<b>N° DE ORDEN</b>			
Teléfono	Año						
Celular	Tipo de vehículo			<b>Fecha</b>			
Vehículos							
Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo			Hora			
Mantenimientos	Descripción	D	P	Cant.			
Cambio de aceite motor	Tipo aceite.....				<b>Tipo de servicio</b>		
	Cant.....	Filtro.....					
Cambio de aceite transmisión	Tipo aceite.....				Interno		
	Cant.....	Filtro.....					
ABC de frenos	Cambio Pastillas				Externo		
	Cambio Zapatas				<b>Prioridad</b>		
Alineación, balanceo y rotación	Llantas				Alta		
	Parches				Media		
ABC de suspensión	Amortiguador				Baja		
	Bujes suspensión				<b>Km entrada</b>		
ABC de dirección	Terminales						
	Soportes dirección				<b>Km salida</b>		
Revisión sistema eléctrico	Batería				<b>Observaciones</b>		
	Marca..... Modelo.....						
Revisión sistema de encendido	Bujías						
	Cables ( ) Bobina ( )						
Revisión sistema de alimentación	Filtro de combustible						
	Bomba de combustible						
Revisión sistema de refrigeración							
Revisión sistema de lubricación							
Revisión sistema de distribución	Rodamientos						
	Bandas						
Revisión sistema de transmisión	Cardan crucetas						
	Ejes: Puntas ( ) Tricetas ( )						
Revisión sistema de iluminación	Calibración de luces						
				<b>Recepción Vehículo</b>			
				Espejos		Extintor	
				Tapacubos		Herramientas	
				Antena		Rueda repues.	
				Plumas		Gata	
Responsable			Autorizado		Recibido		

