



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ CON INDICADORES CMD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO”

**CABRERA IDROVO, PAUL ANDRÉS;
SUÁREZ ORNA, FRANCISCO ISRAEL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

PAUL ANDRÉS CABRERA IDROVO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
CON INDICADORES CMD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SOFTWARE
ESPECIALIZADO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GAD
PROVINCIAL DE CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FRANCISCO ISRAEL SUÁREZ ORNA

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
CON INDICADORES CMD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SOFTWARE
ESPECIALIZADO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GAD
PROVINCIAL DE CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAUL ANDRÉS CABRERA IDROVO.

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ CON INDICADORES CMD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GAD PROVINCIAL DEL CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 17/07/2017

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FRANCISCO ISRAEL SUÁREZ ORNA.

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ CON INDICADORES CMD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GAD PROVINCIAL DEL CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 17/07/2017

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Paul Andrés Cabrera Idrovo

Francisco Israel Suárez Orna

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Paul Andrés Cabrera Idrovo y Francisco Israel Suárez Orna, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Paúl Andrés Cabrera Idrovo
C.I: 210060170-3

Francisco Israel Suárez Orna
C.I:060407592-9

DEDICATORIA

El presente trabajo deseo dedicarlo a mis queridos padres Luis Nery Cabrera Romero y Julia Mercedes Idrovo Peralta, por ese esfuerzo extraordinario en lo económico y moral que se propusieron a realizar desde el inicio de mi carrera, a mi hermano Cristian Geovanny Cabrera Idrovo por el apoyo en situaciones difíciles, a todos ustedes les presento mis más sinceros agradecimientos.

Paul Andrés Cabrera Idrovo.

El presente trabajo deseo dedicarlo a mis queridos padres Asiclo Flavio Suárez Rivas y Geoconda Amada Orna Vilema, por ese esfuerzo extraordinario en lo económico y moral que se propusieron a realizar desde el inicio de mi carrera; a mis hermanos Leonardo Suárez y Asisclo Suárez, amigos y amistades que supieron dar su apoyo en momentos difíciles, a todos ustedes les presento mis más sinceros agradecimientos.

Francisco Israel Suárez Orna.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por proporcionar los conocimientos para obtener esta profesión y lograr ser personas útiles en la sociedad.

A mis padres por proporcionar su apoyo para el cumplimiento de esta meta.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas manifestaron su apoyo de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Paul Andrés Cabrera Idrovo.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Francisco Israel Suárez Orna.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN.	1
1.1	Antecedentes.	1
1.2	Justificación.	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO.	3
2.1	Introducción.	3
2.2	Tipos de mantenimiento.	4
2.2.1	<i>Mantenimiento correctivo.</i>	4
2.2.2	<i>Mantenimiento modificativo.</i>	4
2.2.3	<i>Mantenimiento preventivo.</i>	4
2.2.3.1	<i>Mantenimiento sistemático.</i>	4
2.2.3.2	<i>Mantenimiento Condicional o Predictivo.</i>	5
2.3	Mantenimiento de grandes flotas.	5
2.3.1	<i>Recursos en un taller de vehículos.</i>	5
2.3.1.1	<i>Recursos Humanos.</i>	5
2.3.1.2	<i>Recursos Materiales.</i>	6
2.3.1.3	<i>Recursos Económicos.</i>	6
2.3.2	<i>Definición de los planes de mantenimiento.</i>	6
2.3.2.1	<i>Control de incidencias.</i>	7
2.3.2.2	<i>Revisiones periódicas o programadas de la flota.</i>	7
2.3.3	<i>Organización de los planes de mantenimiento.</i>	8
2.3.3.1	<i>Tiempos de parada del operario durante el mantenimiento de la flota.</i>	8
2.3.3.2	<i>Programación y elaboración del plan de mantenimiento.</i>	9

2.4	Aplicación de sistemas informáticos.....	11
2.4.1	<i>Ventajas y desventajas de la implementación de un Sistema Informático. ..</i>	11
2.4.2	<i>Etapas de implementación.....</i>	12
2.4.3	<i>Implementación.</i>	12
2.4.4	<i>Estructura de un Sistema Informático para Mantenimiento.</i>	13
2.5	Indicadores de mantenimiento CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.....	13
2.5.1	<i>Sistema kantiano de mantenimiento.</i>	13
2.5.2	<i>Unidad de Producción.....</i>	14
2.5.3	<i>Unidad de Mantenimiento.</i>	14
2.5.4	<i>Sistema Integral de Mantenimiento.....</i>	14
2.5.5	<i>Niveles de Mantenimiento.</i>	15
2.5.6	<i>Estructura, Relaciones y Elementos.</i>	15
2.5.6.1	<i>Relaciones.</i>	15
2.5.6.2	<i>Interacción – CMD.</i>	17
2.5.6.3	<i>Métodos de predicción CMD.</i>	17
2.6	Disponibilidad.....	18
2.6.1	<i>Modelo universal para pronosticar CMD.....</i>	18
2.7	Confiabilidad.....	21
2.8	Mantenibilidad- Reparaciones.	22
2.9	Curva de la bañera o de Davies.....	23
2.10	Curva de Mantenibilidad.....	24
2.11	Distribuciones para estimación Confiabilidad- Mantenibilidad.	25
2.12	El modelo de Weibull.....	25
3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL TALLER DEL CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO EN LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS.....	27
3.1	Organigrama Estructural de la Unidad de Mantenimiento y Talleres.....	27

3.2	Encuesta al Personal.....	27
3.2.1	<i>Encuesta al personal administrativo.</i>	27
3.2.2	<i>Encuesta realizada al departamento de bodega.</i>	35
3.2.3	<i>Encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento.</i>	37
3.2.4	<i>Encuesta realizada a los conductores de vehículos.</i>	42
3.3	Registro de vehículos pertenecientes a la flota de livianos.....	47
3.4	Estado de la flota de vehículos livianos.	48
3.5	Orden jerárquico para la realización de actividades de mantenimiento de la flota de vehículos livianos.....	49
3.6	Taller destinado para la realización del mantenimiento de la flota de vehículos livianos.....	49
3.6.1	<i>Área de oficinas.</i>	50
3.6.2	<i>Área de despacho de combustibles.</i>	50
3.6.3	<i>Área de repuestos.</i>	51
3.6.4	<i>Área de despacho de lubricantes.</i>	51
3.6.5	<i>Áreas destinadas para la realización de mantenimiento de las flotas existentes en el Consejo Provincial de Chimborazo.</i>	51
3.6.5.1	<i>Área de mantenimiento de la flota de livianos y pesados.</i>	52
3.6.5.2	<i>Área de mantenimiento para la flota de maquinaria.</i>	54
3.6.5.3	<i>Área de lavado de las flotas de livianos, pesados y maquinaria pesada</i>	54
3.7	Costos de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.	55
3.8	Conclusiones del estudio de la situación actual.	55
4.	ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEDICIÓN CMD PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS.	57
4.1	Mantenimiento predictivo o basado en una condición.....	57
4.2	Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento programado en la flota de vehículos livianos.	58

4.3	Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento correctivo en la flota de vehículos livianos.....	61
4.4	Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento en un taller externo en la flota de vehículos livianos.....	63
4.5	Sistema de codificación propuesto para la flota de vehículos livianos.....	65
4.6	Fichas técnicas.	66
4.7	Ficha de Inspección Diaria.....	66
4.8	Cálculo de técnicos para realizar actividades de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.	67
4.9	Herramientas básicas para realizar actividades de mantenimiento.	68
4.10	Cálculo de indicadores de mantenimiento CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.....	69
4.10.1	<i>Cálculo de indicadores CMD.</i>	73
4.10.1.1	<i>Disponibilidad alcanzada DA.</i>	73
4.10.1.2	<i>Confiabilidad R(t).</i>	74
4.10.1.3	<i>Mantenibilidad M(t).</i>	75
4.10.2	<i>Análisis de los indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) en el periodo mayo - octubre 2016.</i>	77
4.10.2.1	<i>Análisis de confiabilidad.</i>	77
4.10.2.2	<i>Análisis de Mantenibilidad.</i>	77
4.10.2.3	<i>Análisis de Disponibilidad Alcanzada.</i>	78
4.10.3	<i>Análisis de curvas para la confiabilidad en actividades de mantenimiento programadas.</i>	78
4.10.4	<i>Análisis de curvas para la confiabilidad en actividades de mantenimiento correctivas.....</i>	80
4.10.5	<i>Análisis de la mantenibilidad para los tiempos en actividades de mantenimiento programadas.</i>	82
4.10.6	<i>Análisis de la mantenibilidad para los tiempos en actividades de mantenimiento correctivas.....</i>	83

4.11	Análisis de fallas en la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo.....	85
4.11.1	<i>Análisis mediante el diagrama de causa y efecto.</i>	85
4.11.2	<i>Análisis de las fallas de la flota de vehículos livianos utilizando el diagrama de Pareto</i>	86
4.11.3	<i>Análisis de fallas mediante AMFEC.</i>	87
4.12	Mejoras en indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad).	118
4.12.1	<i>Análisis de Confiabilidad.</i>	118
4.12.2	<i>Análisis de Mantenibilidad.</i>	118
4.12.3	<i>Mejoras en Disponibilidad.</i>	118
5.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.	119
5.1	Introducción.	119
5.2	Análisis del problema.....	119
5.3	Requerimiento para el diseño e implementación del software.....	119
5.4	Descripción del software.....	120
5.5	Diseño.	121
5.5.1	<i>Diagrama de flujo de ingreso al software.</i>	121
5.5.2	<i>Diagrama de flujo de ingreso de datos.</i>	121
5.5.3	<i>Diagrama de flujo de visualización de datos.</i>	122
5.6	Programación.	122
5.7	Herramientas empleadas.	122
5.8	Presentación del software.....	123
5.9	Pruebas.	127
5.10	Implementación del software en el taller.	127
5.11	Resultados de Disponibilidad con el plan de mantenimiento propuesto.....	127

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
6.1	CONCLUSIONES	128
6.2	RECOMENDACIONES.....	129

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 2-1. Distribuciones de probabilidad utilizadas en Confiabilidad y Mantenibilidad.	25
Tabla 3-1. Encuesta realizada al personal administrativo.....	28
Tabla 3-2. Encuesta realizada al departamento de bodega.	36
Tabla 3-3. Encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento.....	37
Tabla 3-4. Encuesta realizada a los conductores.	42
Tabla 3-5. Registro de vehículos de la flota de livianos.....	47
Tabla 3-6. Estado de la flota de vehículos livianos.	48
Tabla 3-7. Gastos registrados en mantenimiento de vehículos livianos.....	55
Tabla 4-1. Parámetros y técnicas en equipos dinámicos.....	58
Tabla 4-2. Parámetros y técnicas de equipos estáticos.	58
Tabla 4-3. Parámetros y técnicas de equipos eléctricos.....	58
Tabla 4-4. Sistema de codificación vehículos livianos.....	65
Tabla 4-5. Vehículos y codificación propuesta.....	66
Tabla 4-6. Herramientas para un taller de mantenimiento.....	68
Tabla 4-7. Tiempos implicados en mantenimiento vehicular.....	70
Tabla 4-8. Disponibilidad alcanzada vehículos livianos.....	74
Tabla 4-9. Confiabilidad para los MTBMp.	74
Tabla 4-10. Confiabilidad para los MTBMc.....	75
Tabla 4-11. Mantenibilidad para los Mp.....	75
Tabla 4-12. Mantenibilidad para los MTTR.	76
Tabla 4-13. Sistemas y fallas de vehículos livianos.	87
Tabla 4-14. Análisis de modos de fallas y efectos.....	89
Tabla 4-15. Cálculo del IPR y factor de criticidad.	101
Tabla 4-16. Acciones recomendadas para el mantenimiento preventivo.	112
Tabla 4-17. Actividades de mantenimiento preventivo.	116
Tabla 5-1. Evaluación de parámetros del software.....	127
Tabla 5-2. Disponibilidad Alcanzada mayo-junio 2017.....	127

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 2-1. Estructura de un sistema informático de mantenimiento.....	13
Figura 2-2. Estados de funcionamiento de un componente equipo.....	17
Figura 2-3. Curva de la bañera para el análisis de mantenibilidad.....	24
Figura 3-1. Orden jerárquico de la unidad de talleres y mantenimiento.....	27
Figura 3-2. Personal de unidad de talleres y mantenimiento.....	49
Figura 3-3. Área de oficinas del personal administrativo.....	50
Figura 3-4. Área de despacho de combustibles.....	50
Figura 3-5. Área correspondiente a la oficina de repuestos.....	51
Figura 3-6. Área correspondiente al despacho de lubricantes.....	51
Figura 3-7. Área destinada para actividades de mantenimiento.....	52
Figura 3-8. Área destinada para herramientas.....	52
Figura 3-9. Área de almacenamiento de piezas utilizadas.....	53
Figura 3-10. Área de mantenimiento preventivo.....	53
Figura 3-11. Área de mantenimiento correctivo.....	53
Figura 3-12. Área de mantenimiento de maquinaria pesada.....	54
Figura 3-13. Área de lavado.....	54
Figura 4-1. Curva P-F de componentes.....	57
Figura 4-2. Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo.....	60
Figura 4-3. Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo.....	62
Figura 4-4. Diagrama de flujo taller externo.....	64
Figura 4-5. Codificación para un vehículo liviano.....	66
Figura 4-6. Diagrama de flujo procedimiento CMD.....	69
Figura 4-7. Análisis TBMp may-16.....	71
Figura 4-8. Análisis TBMc may-16.....	71
Figura 4-9. Análisis TMp may-16.....	71
Figura 4-10. Análisis TTR may-16.....	71
Figura 4-11. Pruebas de bondad TBMp may-16.....	73
Figura 4-12. Diagrama de causa y efecto.....	86
Figura 5-1. Diagrama de flujo ingreso al software.....	121
Figura 5-2. Diagrama de flujo ingreso de datos.....	121
Figura 5-3. Diagrama de flujo visualización de datos.....	122

Figura 5-4. Ingreso al software de mantenimiento.	123
Figura 5-5. Menú principal del software.	123
Figura 5-6. Gestión de autos.	124
Figura 5-7. Gestión de productos.	124
Figura 5-8. Gestión de órdenes.	125
Figura 5-9. Tiempos empleados en mantenimiento.	125
Figura 5-10. Registro de confiabilidad.	125
Figura 5-11. Registro de mantenibilidad.	126
Figura 5-12. Registro de disponibilidad.	126
Figura 5-13. Plan de mantenimiento programado.	126

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 2-1. Función $F(t)$ y $f(t)$	22
Gráfico 3-1. Resultados pregunta 1 personal administrativo.....	29
Gráfico 3-2. Resultados pregunta 2 personal administrativo.....	29
Gráfico 3-3. Resultados pregunta 3 personal administrativo.....	30
Gráfico 3-4. Resultados pregunta 4 personal administrativo.....	30
Gráfico 3-5. Resultados pregunta 5 personal administrativo.....	30
Gráfico 3-6. Resultados pregunta 6 personal administrativo.....	31
Gráfico 3-7. Resultados pregunta 7 personal administrativo.....	31
Gráfico 3-8. Resultados pregunta 8 personal administrativo.....	31
Gráfico 3-9. Resultados pregunta 9 personal administrativo.....	32
Gráfico 3-10. Resultados pregunta 10 personal administrativo.....	32
Gráfico 3-11. Resultados pregunta 11 personal administrativo.....	32
Gráfico 3-12. Resultados pregunta 12 personal administrativos.....	33
Gráfico 3-13. Resultados pregunta 13 personal administrativo.....	33
Gráfico 3-14. Resultados pregunta 14 personal administrativo.....	33
Gráfico 3-15. Resultados pregunta 15 personal administrativo.....	34
Gráfico 3-16. Resultados pregunta 16 personal administrativo.....	34
Gráfico 3-17. Resultados pregunta 17 personal administrativo.....	34
Gráfico 3-18. Resultados pregunta 18 personal administrativo.....	35
Gráfico 3-19. Resultados pregunta 19 personal administrativo.....	35
Gráfico 3-20. Resultados pregunta 20 personal administrativo.....	35
Gráfico 3-21. Resultados pregunta 1 técnicos.....	38
Gráfico 3-22. Resultados pregunta 2 técnicos.....	39
Gráfico 3-23. Resultados pregunta 3 técnicos.....	39
Gráfico 3-24. Resultados pregunta 4 técnicos.....	39
Gráfico 3-25. Resultados pregunta 5 técnicos.....	40
Gráfico 3-26. Resultados pregunta 6 técnicos.....	40
Gráfico 3-27. Resultados pregunta 7 técnicos.....	40
Gráfico 3-28. Resultados pregunta 8 técnicos.....	41
Gráfico 3-29. Resultados pregunta 9 técnicos.....	41
Gráfico 3-30. Resultados pregunta 10 técnicos.....	41

Gráfico 3-31. Resultados pregunta 11 técnicos.	42
Gráfico 3-32. Resultados pregunta 12 técnicos.	42
Gráfico 3-33. Resultados pregunta 1 conductores.	43
Gráfico 3-34. Resultados pregunta 2 conductores.	44
Gráfico 3-35. Resultados pregunta 3 conductores.	44
Gráfico 3-36. Resultados pregunta 4 conductores.	44
Gráfico 3-37. Resultados pregunta 5 conductores.	45
Gráfico 3-38. Resultados pregunta 6 conductores.	45
Gráfico 3-39. Resultados pregunta 7 conductores.	45
Gráfico 3-40. Resultados pregunta 8 conductores.	46
Gráfico 3-41. Resultados pregunta 9 conductores.	46
Gráfico 3-42. Resultados pregunta 10 conductores.	46
Gráfico 3-43. Resultados pregunta 11 conductores.	47
Gráfico 3-44. Resultados pregunta 12 conductores.	47
Gráfico 3-45. Estado de vehículos livianos.	48
Gráfico 4-1. Evolución de históricos confiabilidad.	77
Gráfico 4-2. Evolución de históricos mantenibilidad.	78
Gráfico 4-3. Evolución de Disponibilidad.	78
Gráfico 4-4. Función de supervivencia may-16.	79
Gráfico 4-5. Función de distribución acumulada may-16.	79
Gráfico 4-6. Función densidad de probabilidad may-16.	80
Gráfico 4-7. Función de riesgo may-16.	80
Gráfico 4-8. Función de supervivencia may-16.	81
Gráfico 4-9. Función de distribución acumulada may-16.	81
Gráfico 4-10. Función densidad de probabilidad may-16.	81
Gráfico 4-11. Función de riesgo may-16.	82
Gráfico 4-12. Función de mantenibilidad may-16.	82
Gráfico 4-13. Función densidad de probabilidad may-16.	83
Gráfico 4-14. Función de riesgo may-16.	83
Gráfico 4-15. Función de mantenibilidad may-16.	84
Gráfico 4-16. Función densidad de probabilidad may-16.	84
Gráfico 4-17. Función de riesgo may-16.	85
Gráfico 4-18. Diagrama de Pareto vehículos livianos.	87

SIMBOLOGÍA

D_A	Disponibilidad alcanzada
\bar{M}	Tiempo medio de mantenimiento activo
CM	Tiempo de duración de la reparación correctiva
DT	Tiempo no operativo
LCC	Costos de ciclo de vida
LT	Tiempos logísticos
M	Tiempo total de reparación
MDT	Tiempo promedio de no Disponibilidad.
Mp	Tiempo medio para realizar actividades de mantenimiento programado
MTBF	Tiempo medio entre fallas
MTBM	Tiempo medio entre mantenimientos
MTBMc	Tiempo medio entre mantenimiento correctivo
MTBMp	Tiempo medio entre mantenimiento programado
MTTR	Tiempo medio para reparar
PD	Tiempo de retrasos en producción
PM	Tiempo de mantenimientos planeados
ST	Tiempo de suministro de repuestos
TMp	Tiempo para realizar actividades de mantenimiento programado
TTF	Tiempo hasta fallar
UT	Tiempo útil de funcionamiento

LISTA DE ABREVIACIONES

MLE	Método de Máxima Verosimilitud
NHPP	Proceso no homogéneo de Poisson
PMO	Optimización del mantenimiento planeado
RCM	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Sofa	Estado de falla
Sofu	Estado de funcionamiento normal
TPM	Mantenimiento Productivo Total

LISTA DE ANEXOS

- A Factores que intervienen en la evaluación de criticidad de los componentes
- B Valores de la matriz de criticidad
- C Formatos utilizados para el plan de mantenimiento establecido
- D Guía de usuario del software de mantenimiento

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se realiza un plan de Gestión de Mantenimiento con el diseño de un software mediante el análisis de indicadores CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad para la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo. Primeramente, se dio paso al estudio de la situación actual del parque automotor en lo que corresponde a la flota de vehículos livianos. Los datos recolectados corresponden a actividades de mantenimiento programado y correctivo, tiempos empleados, base de datos de los vehículos existentes, estado de las instalaciones y como se desarrolla la administración de actividades de mantenimiento en la flota de livianos con la ayuda de encuestas realizadas al personal administrativo, bodega, conductores y técnicos. En segundo lugar, el cálculo de indicadores CMD se lo realizó en un periodo de seis meses desde Mayo-2016 hasta Octubre-2016 obteniendo resultados de una Disponibilidad alcanzada promedio de la flota de 89,44%, confiabilidad en actividades correctivas de 41,30%, confiabilidad en actividades programadas de 39,83%, mantenibilidad de actividades correctivas de 59,65%, mantenibilidad de actividades programadas de 50,47%. Mediante un análisis de fallas con herramientas como un diagrama de Pareto y el método AMFEC se consiguió determinar la criticidad en los sistemas que componen un vehículo liviano. Por último, se diseña e implementa el software de mantenimiento con una aplicación web ASP.NET, base de datos SQL SERVER y un lenguaje de programación C#. Es de gran importancia utilizar el software propuesto de forma permanente en conjunto con el análisis de indicadores CMD para la evaluación de la gestión de mantenimiento vehicular.

PALABRAS CLAVE: <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO>, <CONFIABILIDAD>, <MANTENIBILIDAD>, <DISPONIBILIDAD>, <ANÁLISIS CMD>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <VEHÍCULOS LIVIANOS>, <SOFTWARE DE MANTENIMIENTO>, <MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS>.

SUMMARY

This Project research is related to a Maintenance Management plan, which is being developed with a software design through the analysis of CM indicators: Reliability, Maintenance and Availability for the fleet of light vehicles of the Consejo Provincial of Chimborazo. First of all, the study of the current situation of the fleet of vehicles, was carried out with a light vehicles one. The data collected relates to activities of scheduled and corrective maintenance, times used, database of existing vehicles, condition of the facilities and how the administration of maintenance activities in the light fleet is developed, through the application of different surveys to administrative, warehouse, drivers and technicians. Secondly, the calculation of CMD indicators was carried out over a six-month period from May-2016 to October-2016, obtaining results of an average availability of the fleet of 89,44%, reliability of corrective activities of 41,30% Reliability in programmed activities of 39,83%, programmed of 50,47%. Through a fault analysis with tools like Pareto diagram and the AMFEC method was possible to determine the criticality in the systems that are part of a light vehicle. Finally, maintenance software is designed and implemented with an ASP web application. NET, SQL SERVER database and a C# programming language. It is important to use the proposed software permanently in conjunction with the analysis of CMD indicators for the evaluation of vehicle maintenance management.

KEY WORDS: <MAINTENANCE MANAGEMENT>, <RELIABILITY>, <MAINTENANCE>, <AVAILABILITY>, <CMD ANALYSIS>, <MAINTENANCE PLAN>, <LIGHT VEHICLES>, <MAINTENANCE SOFTWARE>, <TOOLS AND MACHINES>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

El consejo provincial de Chimborazo tiene a su disposición una flota de vehículos livianos comprendida de camionetas con sistema de inyección Diésel en mayor proporción y también vehículos a gasolina en menor proporción; al igual dispone de una flota de vehículos pesados y una flota de maquinaria pesada, todos estos vehículos de diferentes marcas y años.

Con un estudio previamente realizado para la propuesta de este trabajo de titulación, se pudo verificar que el taller del consejo provincial del Chimborazo no cuenta con un plan de mantenimiento eficiente con lo cual los vehículos pertenecientes a la flota de livianos presentan inconvenientes o no se encuentran a disposición del personal al momento de su utilización.

Las actividades que se desarrollan en el taller del consejo provincial de Chimborazo están a cargo del jefe de taller y dos mecánicos. El control de las actividades de mantenimiento se las realiza de forma manual mediante un listado de los vehículos y los días que se destinan para que sean revisados en el taller.

La misión del taller es garantizar la vida útil de los componentes tanto mecánicos como electrónicos que constituyen a los vehículos en la actualidad, proporcionando así un mejor servicio y que se puedan realizar con eficiencia las actividades para los cuales están destinadas las unidades dentro de su cronograma de trabajo.

1.2 Justificación.

En el taller del consejo provincial de Chimborazo en la ciudad de Riobamba se observa que en la flota de vehículos livianos no existe un control estricto en lo que se refiere a actividades de mantenimiento lo mismo que provoca un aumento de costos de mano de obra, reparación y mantenimiento.

Debido a esta situación, se ve en la necesidad de la implementación de un software informático que permita tener un control estricto de actividades de mantenimiento de cualquier tipo.

Los indicadores de mantenimiento son una herramienta que nos proporcionará información si el plan de mantenimiento establecido en el software es eficiente o se necesita realizar modificaciones. Con estas dos herramientas se pretende salvaguardar a los vehículos de la flota de livianos y proporcionar beneficios al taller de consejo provincial de Chimborazo en el control de operaciones a realizar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Implementar un plan de mantenimiento automotriz con indicadores CMD mediante el diseño de un software especializado para la flota de vehículos livianos del GAD Provincial de Chimborazo.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Realizar un estudio sobre la situación actual del parque automotor de vehículos livianos mediante los registros existentes para obtener datos reales sobre la situación mencionada.
- Diseñar el plan de mantenimiento en función de los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para resolver la problemática actual de la flota de livianos.
- Diseñar un software seguro y adecuado, previamente realizando un análisis de lo que se necesita para llevar a cabo el control eficaz de los procedimientos de cada tipo de mantenimiento.
- Elaborar una guía básica del uso y aplicación del software especializado en mantenimiento de vehículos mediante un número adecuado de utilización del software para dar facilidad a los ejecutores del mismo.
- Realizar diversas pruebas y verificaciones sobre el eficaz funcionamiento del software con la puesta a prueba del personal encargado de efectuar las tareas pertinentes de mantenimiento para lograr el óptimo desarrollo de la flota de livianos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Introducción.

Se puede hablar de la historia del mantenimiento desde el mismo instante de la aparición de las máquinas, en cuyos inicios no se tenía una relevancia necesaria porque el número de máquinas era inferior con respecto al personal que las manejaba, ya que estos eran los que realizaban la mayor cantidad de trabajos en las empresas. Por tal motivo, las acciones que se realizaban en ese momento eran de aspecto únicamente correctivo pues existía la consigna de que cuando la máquina falle esta sería reparada (DOUNCE VILLANUEVA, 2000 pág. 3).

Conforme avanzaba el tiempo, las máquinas fueron cada vez más necesarias y las empresas fueron creciendo, con lo que la necesidad de contar con servicios de mantenimiento era cada vez mayor. Las empresas adoptan la idea de destinar o crear un departamento de mantenimiento dedicado en lo absoluto al cuidado de las máquinas o elementos permitiendo alargar su vida útil. Todo elemento o máquina está destinado para un determinado tiempo de funcionalidad, con la aplicación de un mantenimiento adecuado se busca disminuir al máximo su pérdida de funcionalidad, pero ningún mantenimiento puede evitar el deterioro por completo del elemento (DOUNCE VILLANUEVA, 2000 pág. 3).

Una máquina o equipo a lo largo de toda su vida útil sufre degradaciones consecuencia del mismo funcionamiento o porque se va deteriorando en lo que respecta al cumplimiento de sus funciones, razón por la cual la idea de un mantenimiento a dichos equipos o máquinas va ganando cada vez más fuerza. Mantenimiento se define como un conjunto de actividades necesarias para la mantención o reparación de un bien, de modo que éste puede obtener un estado óptimo de funcionamiento. El mantenimiento se divide en varios tipos dependiendo del tiempo en que se lo realice siendo estos: correctivo, modificativo y preventivo (DOUNCE VILLANUEVA, 2000 pág. 4).

2.2 Tipos de mantenimiento.

2.2.1 *Mantenimiento correctivo.*

Mantenimiento correctivo es un conjunto de actividades que se realizan en una maquina o equipo una vez que se produce el deterioro completo y por consecuencia sufre la pérdida total de su funcionalidad. Este tipo de mantenimiento surge en cualquier instante que puede ser previo o durante la etapa de funcionamiento. Este tipo de mantenimiento tiene influencia total en la producción y en los costos de los repuestos que deben ser sustituidos de forma inmediata una vez ocurrida la falla o anomalía (MUÑOZ ABELLA, 2012).

2.2.2 *Mantenimiento modificativo.*

Se refiere a las actividades de mantenimiento para modificar las características de un elemento o equipo con el fin de obtener una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos. Este tipo de mantenimiento se presenta durante tres etapas de vida de los componentes; la primera es durante el funcionamiento primerizo del elemento, la segunda es durante toda su vida útil y la tercera es en la denominada vejez del elemento (TORRES, 2010 pág. 130).

2.2.3 *Mantenimiento preventivo.*

El mantenimiento preventivo se refiere a la realización de un conjunto de tareas periódicas y programadas aplicables a todas las instalaciones, máquinas o equipos permitiendo un mayor tiempo de funcionalidad durante su vida útil. Este tipo de mantenimiento es realizado con el objetivo de disminuir la probabilidad de falla, por tal razón, se efectúan las actividades antes de la falla (TORRES, 2010 pág. 131).

2.2.3.1 *Mantenimiento sistemático.*

Es el mantenimiento efectuado basado en un plan establecido en función del tiempo o del número de unidades. En este mantenimiento se requiere un conocimiento previo sobre la fiabilidad de los equipos, máquinas o instalaciones, por lo cual es de gran utilidad un estudio estadístico para determinar los tiempos de intervención que al pasar de un tiempo

conforma lo que se conoce como el registro histórico de fallas de cada equipo, máquina o instalación (TORRES, 2010 pág. 132).

2.2.3.2 Mantenimiento Condicional o Predictivo.

Un mantenimiento predictivo se estudia como un método que no requiere una periodicidad constante como en el mantenimiento preventivo sino más bien como la media de una variable, permitiendo generar una orden de trabajo o reparación preventiva cuando la variable analizada se encuentra en riesgo de funcionalidad, esto es antes de que se produzca una falla funcional. El proceso de realizar un mantenimiento predictivo es la adquisición de datos, transferencia a una base de datos computarizada, intervención antes del fallo y realizar el diagnóstico según criterios de técnicos especializados (GONZÁLES FERNÁNDEZ, 2012 págs. 157-160).

2.3 Mantenimiento de grandes flotas.

Todos los talleres dedicados al mantenimiento de vehículos se ven en la necesidad de contar con ciertos recursos con los cuales desarrollan sus actividades y garantizan su viabilidad económica y una rentabilidad en el futuro. Los recursos a utilizarse en un taller de mantenimiento se los puede clasificar en tres grandes grupos: recursos humanos, recursos materiales y recursos económicos, el eficiente desempeño del taller depende de contar o no con estos recursos (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 82).

2.3.1 Recursos en un taller de vehículos.

2.3.1.1 Recursos Humanos.

Recursos humanos hace referencia a cualquier persona destinada a la ejecución de una actividad profesional en el marco de una empresa. Constituye la mano de obra de la cual se beneficia los procesos de producción en una determinada empresa. Básicamente se pueden determinar dos tipos de mano de obra en una empresa: mano de obra directa y mano de obra indirecta (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 82).

2.3.1.2 Recursos Materiales.

Los recursos materiales definidos por (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 83) hace referencia a toda entidad no humana que hace posible el desarrollo de una actividad en una empresa. Entre los cuales se distinguen:

- Inmueble: se refiere a la construcción o edificio en la cual se aloja la actividad empresarial, instalaciones, equipos y herramientas.
- Instalaciones: son los sistemas globales que hacen posible las actividades de mantenimiento y reparación tales como: la red de aire comprimido, calefacción, tomas de corriente, extractores y tomas de ventilación, cabina de pintura, etc.
- Equipos y herramientas: son los utensilios utilizados por los operarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento en los vehículos, como son: equipo de diagnóstico, herramientas, pistola de pintura, medidor de presión, etc.

2.3.1.3 Recursos Económicos.

Es el capital que una empresa gestiona y utiliza para cubrir todas sus necesidades de financiación, bien sea para justificar sus inversiones o para soportar los costos fijos de una determinada estructura. Es importante que toda entidad o empresa disponga de un capital necesario debido a las necesidades que pueden llegar a ofrecerse en el proceso de mantenimiento de vehículos desde un terreno hasta equipos especializados. (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 83).

2.3.2 Definición de los planes de mantenimiento.

Los vehículos son utilizados para el transporte de determinados elementos o equipos dentro de una empresa, por lo tanto, deben recurrir a un taller para la sustitución de piezas o el cuidado de todos sus componentes mediante un cronograma establecido. Cuando una empresa que cuenta con un número determinado de vehículos (flota), se ve en la necesidad de tener un plan de mantenimiento mediante el cual se puede conseguir (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 84):

- Disminución de averías.
- Permitir la optimización del uso de la flota.
- Reducir los elevados costes de las averías.

2.3.2.1 Control de incidencias.

Una de las maneras más eficientes de llevar a cabo el control de incidencias, averías, etc., es la de elaborar un historial de cada máquina, equipo o vehículo en el que se han desarrollado actividades de mantenimiento tanto correctivo como preventivo, en este historial se especifica la actividad realizada y el tiempo empleado en dicha actividad, esta información resulta importante a la hora de realizar el mantenimiento predictivo que más conveniente encuentre el técnico (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 86).

Un método para realizar el control del estado de los vehículos y disminuir los fallos repetitivos que afectan la productividad, es realizar un análisis de fallos con el cual se puede prever la revisión y/o el cambio de las piezas usadas antes de que se produzcan las pérdidas de funcionalidad o incluso la rotura que se produce por desgaste. Uno de los sistemas de análisis de fallos es el diagrama de Pareto, o mediante una simple tabla en donde queda registrado el historial de fallos (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 88).

La codificación de las operaciones que se realizan en una empresa por parte de los operarios de mantenimiento es de gran utilidad para no perder el tiempo escribiendo (debido a que el taller no es el sitio adecuado por la suciedad y líquidos que existen), y proporciona ayuda al jefe de taller o la persona encarga de la supervisión a analizar de una forma sistemática las operaciones que se realizan (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 89).

2.3.2.2 Revisiones periódicas o programadas de la flota.

Los técnicos de mantenimiento realizan de actividades de mantenimiento predictivo y correctivo en la flota, pero hay veces que se deben realizar también actividades de mantenimiento recomendadas por el fabricante, las cuales se las puede encontrar en el manual de cada vehículo o en los distintos programas informáticos (TecDoc, Tolerance Data, GtEstimate, Audatex, Workshop, Autodata, etc.) existentes en el mercado, estos

programas son de ayuda para saber los tiempos y los precios, si la empresa se decidiera a realizar actividades de mantenimiento en un taller de la marca (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 90).

2.3.3 Organización de los planes de mantenimiento.

Dentro de un plan de mantenimiento que se va realizar en una flota, algunas de esas horas pueden ser dedicadas al mantenimiento del taller, maquinaria y de los puestos de trabajo, por lo tanto, en el plan de mantenimiento que se elabore deben constar los siguientes parámetros que resultan de gran importancia no solo para la flota de vehículos sino también para los diferentes equipos, herramientas o instalaciones (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 94):

- Mantenimiento de la flota.
- Mantenimiento de equipos e instalaciones de la flota de vehículos: aquí se debe realizar un listado sobre qué tipos de mantenimiento puede hacer el operario en los diferentes equipos.

2.3.3.1 Tiempos de parada del operario durante el mantenimiento de la flota.

En el taller de mantenimiento se requiere evitar las horas no aprovechadas por parte de los técnicos, para eso, se necesita contar con un plan de mantenimiento equilibrado con las horas que pueden realizar un técnico respecto a la cantidad de vehículos que necesiten mantenimiento. En el momento de la planificación de las tareas de mantenimiento, hay que tener en cuenta la disponibilidad de los operarios ya que dicha planificación resulta alterada por ausencias, permisos, etc., de los operarios. A continuación, se muestran las horas (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 97):

- Horas retribuidas: son las horas por las que el operario recibe un salario.
- Horas de presencia: son las horas en las que el operario realiza las tareas de mantenimiento.
- Horas productivas reales: son las horas en las que el operario está realizando activamente los trabajos de la orden de reparación.

2.3.3.2 Programación y elaboración del plan de mantenimiento.

En la programación del mantenimiento, en inicio se debe establecer qué y quien lo va hacer. En el taller no se pueden realizar todas las tareas de mantenimiento deseadas debido a que resultaría muy costoso, un ejemplo es la comprobación y calibración de las bombas de inyección diésel y los inyectores que las realiza un especialista en estos sistemas en sitios destinados según un análisis previo (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 99).

Para la optimización de las tareas de mantenimiento, se debe establecer el lugar dónde se van a realizar las actividades, ya que las empresas con grandes flotas cuentan con varios lugares repartidos en la ciudad donde realizan las diferentes actividades. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se pueden desarrollar en (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 99):

- Taller de un garaje de la flota: se realizan los trabajos sencillos.
- Taller de mantenimiento preventivo: puede ser el propio taller de un garaje o un taller previamente seleccionado.
- Taller de intervenciones importantes: talleres destinadas a reparaciones importantes donde se necesita maquinaria específica.
- En el propio lugar de la disfunción: se procede al desplazamiento del operario al sitio donde ocurrió el desperfecto.

Una de las alternativas de las empresas es la contratación de un técnico o una empresa para que realice las tareas de mantenimiento, pero no siempre resulta beneficioso porque dicha empresa no puede contar con los suficientes recursos, esto obliga a los operarios a realizar estudios sobre los vehículos, maquinarias, etc., siendo el primer mantenimiento a cumplir el que determina el fabricante. Los tipos de planes a elegir son (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 100):

- Planes de mantenimiento basados en recomendaciones de fabricante: este tipo de mantenimiento es de cumplimiento obligado, se basa en normas y aspectos técnicos de reparación que se aprovecha para elaborar las fichas de mantenimiento.

- Planes de mantenimiento basados en la experiencia y en los datos históricos: es un plan eficiente, la desventaja que presenta radica en la recogida de la información necesaria para después aplicarla al plan de mantenimiento.
- Planes de mantenimiento basados en los análisis de fallos de los vehículos: cuando se tiene el total conocimiento de un vehículo, el técnico se permite intuir en qué momento va ocurrir la disfunción, es de gran importancia aquí los datos históricos de los vehículos.

Los planes de mantenimiento temporalizados pueden ser (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 101):

- Diario: se refiere a comprobaciones que las realiza el conductor, no es un mantenimiento en sí, pero proporciona información.
- Semanal: la realiza el personal de mantenimiento mediante inspecciones visuales básicas de los elementos que conforman el vehículo.
- Mensual: sigue un plan específico básico generado por el personal de mantenimiento.
- Trimestral: sigue un plan específico intermedio y lo realiza el personal de mantenimiento.
- Anual: la realiza el personal de mantenimiento o alguna empresa subcontratada, sigue el plan de mantenimiento determinado por el fabricante.
- Técnicos externos: son los encargados del mantenimiento de los equipos del taller.

Las tareas más comunes en un plan de mantenimiento temporalizado y que deben constar en la ficha de mantenimiento son (CASANOVA ARRIBAS, 2011 pág. 101):

- Inspecciones visuales.
- Cambios de aceite, engrases, etc.
- Verificaciones con equipos específicos que dispone el taller.
- Verificaciones del correcto funcionamiento del vehículo, realizadas con instrumentos
- externos del taller.
- Tareas de limpieza.
- Tareas de ajuste y cambios de piezas.

- Tareas de mantenimiento programado (tareas obligadas por el fabricante).

2.4 Aplicación de sistemas informáticos.

La aplicación de los sistemas informáticos en una empresa resulta primordial para su funcionamiento, y entre los más importantes se encuentra la gestión de mantenimiento. Un programa integral informático de mantenimiento tiene como objetivo la planeación, programación, control y costeo, por lo tanto, sus prestaciones serán técnicas, económicas y administrativas (TORRES, 2010 pág. 289).

2.4.1 Ventajas y desventajas de la implementación de un Sistema Informático.

El sistema de control de mantenimiento mediante una computadora representa las siguientes ventajas con respecto a un control de mantenimiento manual (TORRES, 2010 págs. 289-290):

- Elimina pérdidas de tiempos por demoras burocráticas, las ordenes de servicio son emitidas por la misma computadora.
- Facilita la presentación y la rapidez en la emisión de reportes.
- Agiliza y torna más confiable la composición de tablas y gráficos.
- Ayuda a la composición del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo.
- Hace más dinámica la respuesta a las consultas específicas sobre datos históricos de mantenimiento.
- Admite la implementación de programas automatizados de supervisión de comportamiento de los equipos y de la programación del mantenimiento.
- Acelera y agiliza el intercambio de información.

Las desventajas de los sistemas de control automatizados son (TORRES, 2010 pág. 290):

- Aumento en los costos y plazos de implementación respecto a un control manual.
- Requiere mayores cuidados en cuanto a entrenamiento del personal.
- Requiere mayor participación de los supervisores en la evaluación de datos y análisis de fallas.
- Se necesita personal con experiencia en análisis de sistemas.

- Provoca perjuicios en caso de alteración de información.

2.4.2 Etapas de implementación.

Para obtener resultados esperados la secuencia de etapas es la siguiente (TORRES, 2010 pág. 291):

- Identificación de los equipos con los que se cuenta, etapa del inventario.
- Proyecto de documentación para realizar el catastro de los equipos.
- Levantamiento de datos catastrales de los equipos.
- Levantamiento de los repuestos, identificando aquellos de uso común y de uso específico.
- Selección de una terminología única en mantenimiento.
- Clasificación de equipos respecto a su importancia operacional.
- Establecimiento de la codificación de equipos.
- Establecimiento de códigos de mantenimiento.
- Implementación de las hojas de registro de mediciones de mantenimiento.
- Implementación del programa maestro de mantenimiento preventivo.
- Implementación de la orden de servicio o de trabajo.
- Implementación de formularios de recolección de datos de mano de obra.
- Implementación de formularios de datos de operación.
- Establecimiento de códigos de ocurrencias.

2.4.3 Implementación.

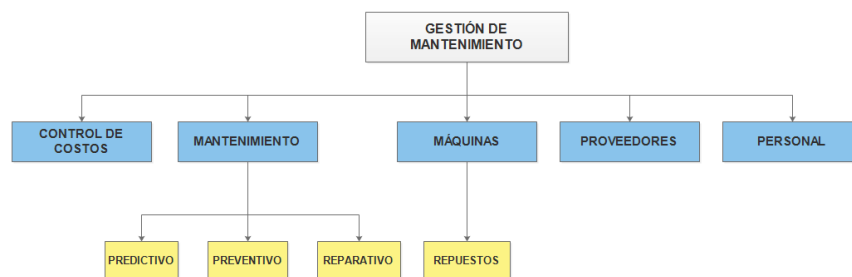
Cuando una empresa realiza la adquisición de un paquete cerrado de sistema de mantenimiento, es una alternativa viable pero no siempre otorga los resultados esperados y esto se debe a que la empresa mantiene características únicas que no son comunes con las de otras empresas. Por tal motivo se tiene que realizar una evaluación si es que es beneficioso que el planeamiento y proyecto del sistema se lo realice con el personal propio de la empresa que en determinadas ocasiones se cuenta con el asesoramiento de especialistas externos (TORRES, 2010 pág. 291).

Si el control de mantenimiento se lo realiza mediante una computadora, se sugiere su implementación en tres etapas (TORRES, 2010 págs. 291-292):

- Desarrollo e implementación del sistema semiautomático, iniciándose en los equipos prioritarios y extendiéndose progresivamente hacia los demás. Este sistema provee la emisión de órdenes de servicio de actividades programadas, llenadas en su totalidad por la computadora.
- Ampliación del control a los mantenimientos correctivos.
- Se implanta el control de mantenimiento predictivo que determina el punto ideal del mantenimiento preventivo según los peligros mínimos preestablecidos para detectar fallas de los equipos.

2.4.4 Estructura de un Sistema Informático para Mantenimiento.

Figura 2-1. Estructura de un sistema informático de mantenimiento.



Fuente: (TORRES, 2010 pág. 292).

2.5 Indicadores de mantenimiento CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

2.5.1 Sistema kantiano de mantenimiento.

El enfoque sistemático kantiano define que todo sistema está conformado por tres elementos: personas, artefactos y entorno. Mediante la participación de las personas el sistema existe ya que proporcionan un carácter real, de manera contextual, de forma mental. Los artefactos en el sistema kantiano de mantenimiento, constituyen las máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo o historias de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información, etc., los mismo que

pertenecen a elementos reales parte del mantenimiento (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 45).

2.5.2 Unidad de Producción.

Un sistema básico de producción está integrado por tres factores: productores (personas), fábricas (entorno) y máquinas (artefactos), los cuales permiten la elaboración de bienes y/o servicios. La función de un sistema de producción es la de lograr la agregación de un valor, a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento, las mismas que se pueden presentar en forma combinada (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 47).

2.5.3 Unidad de Mantenimiento.

En el enfoque sistémico puro, cuando se refiere a mantenimiento, reconoce tres elementos fundamentales: mantenedores (personas), máquinas o equipos industriales o de operación (artefactos) y los sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento. El mantenimiento es una ciencia que se aplica en elementos, máquinas o sistemas generados por el ser humano, y el objetivo es de preservar los equipos mediante reparación o mantenimiento (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 48).

2.5.4 Sistema Integral de Mantenimiento.

En un sistema de ingeniería de fábricas nos permite visualizar los mantenedores, los productores y las máquinas que nos ayuda a establecer las leyes de mantenimiento y en las cuales un sistema kantiano establece que las relaciones entre producción y máquinas está gobernada por la confiabilidad, entre el mantenimiento y las máquinas por la mantenibilidad y el mantenimiento-máquina-producción se define por la disponibilidad. El mantenimiento se considera como un elemento integrado por personas que son los responsables de la conservación de los diferentes equipos para la producción de bienes o servicios (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 50).

2.5.5 Niveles de Mantenimiento.

El mantenimiento se encuentra dividido en cuatro niveles o categorías (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 57):

- Nivel 1- Instrumental (funciones y acciones). En este nivel se considera todos los elementos reales necesarios para la existencia del mantenimiento en las empresas; se hace necesario toda la información que se requiere en un sistema de mantenimiento con respecto a las relaciones entre personas, recursos productivos y máquinas. Estas informaciones son: documentos, registros, historia, codificación, etc., en general a toda la información que identifica los equipos; lo administrativo, tratamiento estadístico, estructuras organizacionales de los tres elementos de mantenimiento.
- Nivel 2- Operacional (acciones mentales). Se refiere a todas las acciones posibles y requeridas por los demandantes, es decir, las acciones correctivas, predictivas y modificativas.
- Nivel 3- Táctico (conjunto de acciones reales). Se refiere al conjunto de actividades de mantenimiento realizadas para alcanzar un objetivo siguiendo normas y reglas establecidas. En este nivel aparece el TPM, el RCM, el TPM y el RCM combinados, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, entre otros.
- Nivel 4- Estratégico (conjunto de funciones y acciones mentales). Este nivel se compone de las metodologías que se desarrollan para la evaluación del éxito alcanzado, esto implica la utilización de índices, rendimientos e indicadores que permite una medición con diferentes industrias. Se aplica el LCC, CMD, costos, etc.

2.5.6 Estructura, Relaciones y Elementos.

2.5.6.1 Relaciones.

La relación entre productores (producción) y máquinas viene determinada por los principios de confiabilidad; la relación entre mantenedores (mantenimiento) y máquinas viene determinada por las reglas de mantenibilidad; la relación entre mantenedores y

productores se da por una relación indirecta a través de los equipos y está gobernada por la disponibilidad (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 58).

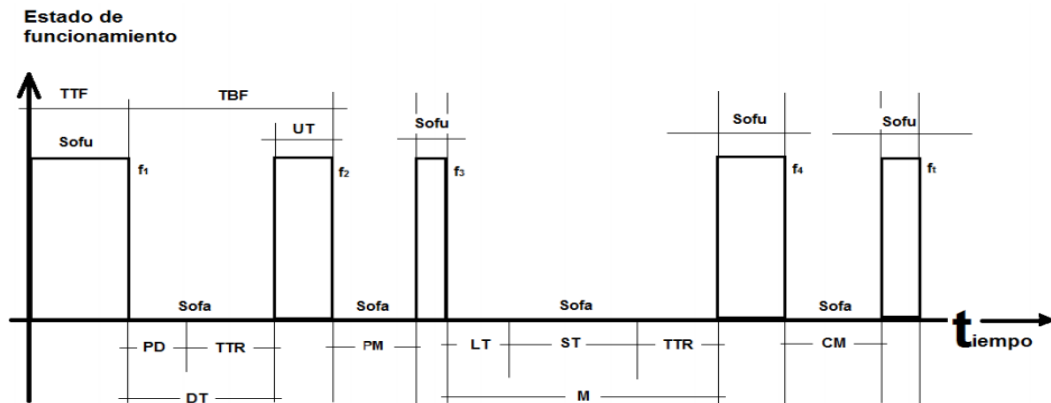
La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son las únicas herramientas técnicas y científicas que mediante cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tiene el mantenimiento para su evaluación integral o específica. Con la aplicación del CMD se puede dirigir, ejecutar y controlar la operación y gestión del mantenimiento. La confiabilidad se mide a partir del número y la duración de las fallas (tiempos útiles, reparaciones, tareas proactivas, etc.), la mantenibilidad se cuantifica a partir de la cantidad y de la duración de las reparaciones, mientras que la disponibilidad se mide a partir de la confiabilidad y de la mantenibilidad (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 58-59).

La terminación de la propiedad de un elemento para realizar su función es lo que se conoce como falla, y pueden ser (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 59-60):

- Falla completa, al perder disponibilidad y funcionalidad.
- Falla parcial, sin generar la pérdida total de la disponibilidad.
- Fallas encontradas cuando se están realizando las reparaciones, mantenimientos planeados, inspecciones o pruebas, que implican la realización de otra reparación.
- Fallas en aparatos de control y monitoreo.
- La pérdida progresiva de la funcionalidad de un elemento después de un límite establecido como referencia.

La definición de falla en un sistema es, un evento que causa la pérdida parcial o total de la funcionalidad de un equipo para realizar sus funciones. Un elemento, una máquina o un dispositivo se puede encontrar en uno de los dos estados posibles: funciona o está en falla. Durante la vida útil del elemento, se puede alternar entre dos estados: SoFa y Sofu. Los estados de los equipos se denominan perfil de funcionalidad (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 60-61).

Figura 2-2. Estados de funcionamiento de un componente equipo.



Fuente: (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 60-61).

2.5.6.2 Interacción – CMD.

La forma para la estimación de los indicadores relacionados al sistema de mantenimiento como lo son la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, es amplia y diversa. Lo importante en la metodología CMD consiste en la capacidad de predecir el comportamiento de los equipos, en cuanto a las fallas o reparaciones, los tiempos útiles, los mantenimientos planeados y otras actividades afines a las máquinas (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 62).

2.5.6.3 Métodos de predicción CMD.

Para realizar la predicción de la metodología CMD, se presentan diversas alternativas que son diferentes en metodología y fundamentación técnica pero que persiguen un mismo objetivo, los modelos de predicción son los siguientes (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 62-64):

- **PUNTUAL:** Métodos de cálculos puntuales o promedios: se basa en la aplicación de promedios de cada uno de los parámetros de fallas, reparaciones, tiempos útiles y otras variables por calcular; su utilización es simple y recomendada para aquellas empresas que no han practicado la metodología CMD, siendo sus resultados no muy aceptables, pero de gran utilidad para conocer los algoritmos de cálculo de cada opción de disponibilidad.

- **DISTRIBUCIONES:** Métodos de distribuciones: utiliza los mismos conceptos de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad del modelo puntual y se basa en la utilización de diferentes distribuciones que permiten modelar mucho mejor que un método simple las variables CMD.
- **HPP y NHPP:** Métodos de modelos HPP o NHPP: permite la predicción de elementos o sistemas reparables (se puede recuperar después de sufrir la falla). Utiliza el proceso homogéneo de Poisson (HPP) y el proceso no homogéneo de Poisson (NHPP).
- **SERIES TEMPORALES:** Método de previsión con el uso de técnicas de series temporales: utiliza un modelo universal de pronósticos basado en tres etapas del método científico: análisis previo, lanzamiento de hipótesis y verificación.
- **OTROS:** Combinaciones de los anteriores u otros: se puede realizar la combinación de dos o más métodos de predicción para lograr una modelación predictiva.

2.6 Disponibilidad.

Como disponibilidad se entiende la probabilidad de que un elemento o equipo realice su función de forma satisfactoria cuando sea requerido después del comienzo de su operación, en condiciones estables. El tiempo total que se considera es la suma de los tiempos: de operación, activo de reparación, inactivo, en mantenimiento preventivo, administrativo, sin producir y logístico. Es una característica propia de cada equipo o elemento que nos permite obtener su perfil de funcionalidad, permitiendo seleccionar un equipo de diferentes alternativas manejables (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 67).

2.6.1 Modelo universal para pronosticar CMD.

El método Internacional se compone de varias etapas. En la primera etapa se definen los pasos claves para la obtención, tabulación, manipulación y el tratamiento de los datos, con el fin de que sean compatibles en su forma, estilo y composición básicos para los cálculos en los métodos puntual y de distribuciones. En la segunda fase se decide la disponibilidad más adecuada de acuerdo con los datos que se posean y pensando en las expectativas de la empresa (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 71).

Las disponibilidades que se pueden encontrar, difiriendo en la prestación de servicios, son (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 71-72):

- **DISPONIBILIDAD GENÉRICA:** es de gran utilidad para empresas que no realizan estudios CMD, en este caso la información que nos va ayudar es solamente las de los tiempos útiles y los tiempos en que el equipo no funciona. Usa parámetros UT y DT.
- **DISPONIBILIDAD INHERENTE O INTRÍNSECA:** es de gran utilidad en situaciones que se tenga que controlar actividades de mantenimientos no planeados, es aplicable cuando los promedios de tiempos útiles son demasiado grandes respecto a los DT (Down Time) y los tiempos de administración son mínimos o tienden a cero.
- **DISPONIBILIDAD ALCANZADA:** Es aplicable en situaciones que se busca controlar las tareas de mantenimiento planeadas y las correctivas por separado. Requiere un manejo preciso de la información. Usa parámetros como MTBM, $MTBM_C$, $MTBM_P$, MTTR, M_p , M, etc.

$$Disponibilidad\ alcanzada = \frac{MTBM}{MTBM + M} \quad (1)$$

Donde el MTBM (media de tiempo entre mantenimientos) se calcula a partir del MTBM_c (Media de tiempo entre mantenimientos correctivos) y el MTBM_p (Media de tiempos entre mantenimientos preventivos o programados) y su equivalencia es:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}} \quad (2)$$

El \bar{M} es el tiempo medio de mantenimiento activo y se calcula a partir de los parámetros MTBMC, MTBMP, MTTR (Media de tiempos para realizar reparaciones) y el M_p (tiempo neto medio para ejecutar tareas proactivas de mantenimientos planeados), su expresión viene dada por:

$$\bar{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBMC} + \frac{M_p}{MTBMP}}{\frac{1}{MTBMC} + \frac{1}{MTBMP}} \quad (3)$$

Reemplazando las ecuaciones [3] y [2] en la ecuación [1] se obtiene la ecuación de disponibilidad alcanzada D_A :

$$D_A = \frac{\frac{1}{\frac{1}{MTBMC} + \frac{1}{MTBMP}}}{\frac{1}{\frac{1}{MTBMC} + \frac{1}{MTBMP}} + \frac{\frac{MTTR}{MTBMC} + \frac{M_p}{MTBMP}}{\frac{1}{MTBMC} + \frac{1}{MTBMP}}} \quad (4)$$

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL: Trabaja con actividades de mantenimiento planeadas y no planeadas de forma conjunta, se aplica cuando se necesita realizar un seguimiento de los tiempos de demora administrativos y de recursos humanos.

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL GENERALIZADA: la predicción CMD se realiza a equipos que tienen tiempos grandes de operación mas no producen, un ejemplo es un vehículo encendido y detenido, pero en neutro en su caja de cambios.

En la tercera fase se procede a la selección de un método de que puede ser el de máxima verosimilitud que no necesita alineación, o el método de alineación que puede ser estimación de parámetros $F(t)^2$ (función de no confiabilidad) y de $M(t)$ de mantenibilidad con sus respectivas opciones (i-kaésimo, Rango de medianas con tablas, de Bernard (de aproximación de rango de mediana) o Kaplan y Meyer), luego la alineación (gráfica o numérica de mínimos cuadrados o regresión) que nos permite obtener los parámetros de $UT, DT, MTBF, MTBM, MTBMC, MTBMP, MTTR, M_p$, etc. (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 72).

En la cuarta etapa se realiza las pruebas de bondad de ajuste de Weibull que se realiza con tres pruebas: Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi cuadrado Ji^2 . La quinta etapa es la de parametrizar y realizar la alineación o MLE, que se requiere con otra función diferente a Weibull. En la etapa seis se realizan los cálculos CMD con una función seleccionada y que adopte de manera excelente todos los ajustes (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 73-76).

2.7 Confiabilidad.

La confiabilidad es definida como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales esta designado. Las mediciones de confiabilidad y mantenibilidad se las realiza en términos de probabilidad, la cual se define como el resultado de dividir el número de veces de los casos estudiados (intentos o eventos) entre el número total posible de casos (intentos o eventos) (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 95).

La fiabilidad que generalmente es representada como $R(t)$, es una función de probabilidad que varía en función del tiempo pudiendo alcanzar un valor máximo de $R(0) = 1$ en el instante ($t = 0$), dicho valor empieza a disminuir conforme va pasando el tiempo hasta alcanzar un valor en el instante ($t = \infty$) de $R(\infty) = 0$, el cuál es su valor mínimo. El complemento de $R(t)$ es una nueva función conocida como *función acumulada de la probabilidad de fallo* y se representa por $F(t)$ y expresa la probabilidad de falla del equipo en un tiempo determinado t , ambas funciones se relacionan mediante la siguiente expresión (ARQUES PATÓN, 2009 pág. 3):

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (5)$$

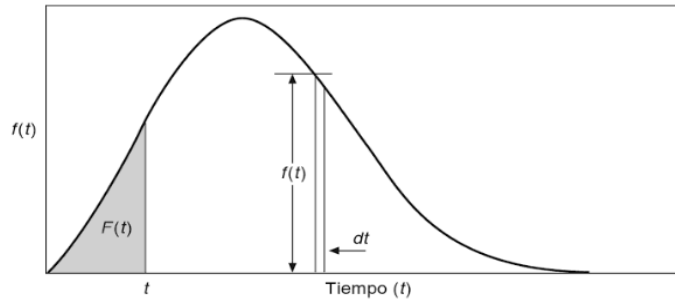
Mediante cálculos matemáticos se presenta una nueva función denominada *función de densidad de la probabilidad de fallo*, la misma que se expresa de la siguiente manera según (ARQUES PATÓN, 2009 pág. 3).

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (6)$$

La función $f(t)$ indica la probabilidad de que un equipo o elemento que se encuentra en funcionamiento para un valor de $t = 0$, falle para un intervalo de tiempo $(t, t + \Delta t)$. En

la siguiente figura se puede observar el comportamiento de esta función a lo largo del tiempo, la función $F(t)$ representa el área bajo la curva en el intervalo $(0, t)$, mientras que la función $R(t)$ representa el área bajo la curva de $f(t)$ en el intervalo de (t, ∞) (ARQUES PATÓN, 2009 pág. 4).

Gráfico 2-1. Función $F(t)$ y $f(t)$.



Fuente: (ARQUES PATÓN, 2009 pág. 4).

La relación existente entre la función $f(t)$ y $R(t)$ da como resultado una nueva función $\lambda(t)$ que se conoce como tasa de fallos y se expresa de la siguiente forma (ARQUES PATÓN, 2009 pág. 5):

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (7)$$

2.8 Mantenibilidad- Reparaciones.

La mantenibilidad se refiere a la probabilidad de que un equipo sea capaz de regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de ocasionarse una avería, falla o interrupción, mediante una reparación que implica actividades de mantenimiento para eliminar la interrupción. Para restaurar el nivel de confianza de funcionalidad al equipo, las reparaciones se las realiza con el personal adecuado, con las habilidades necesarias y las herramientas idóneas con información técnica pertinente (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 104).

Según (MESA GRAJALES, y otros, 2006) la función de mantenibilidad se la puede representar en función de la tasa de fallos o reparaciones que resulta de dividir el número de reparaciones indicadas por el tiempo empleado para reparar. La mantenibilidad viene asociada con el tiempo empleado en la reparación del componente o equipo TTR y su ecuación matemática se expresa de la siguiente manera:

$$M(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (8)$$

2.9 Curva de la bañera o de Davies.

La curva de la bañera nos permite observar la evolución en el tiempo frente a la tasa de fallas $\lambda(t)$ y el valor del parámetro de forma Beta del equipo que se evalúa. De acuerdo con los valores del equipo para ese momento, se selecciona si las tareas de mantenimiento deben ser correctivas, modificativas, preventivas o predictivas al tener en cuenta en la fase en que se encuentre el elemento. Mediante la curva de Davies se define el nivel II operacional de mantenimiento (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 106).

En la fase I son de gran utilidad las acciones correctivas en un proceso FMECA, y las acciones modificativas no solo son de utilidad en la fase I sino también en la siguiente fase, donde las causas de fallas son por debajo o por encima de lo nominal. Las acciones modificativas permiten realizar una corrección de todo defecto de diseño o montaje, calidad de materiales, métodos inadecuados de mantenimiento o cualquier otra falla característica de esta fase I (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 107).

En la fase II se tipifica por fallas de origen técnico, ya sea por procedimientos humanos o tecnológicos. Las acciones que más se adaptan a esta etapa son las modificativas, ya que se requiere modificar los equipos y/o procesos, dentro de nuevos estándares, mediante técnicas modificativas, cuando las fallas son esporádicas. En el caso de que se encuentre con fallas crónicas se actúa con FMECA y acciones modificativas (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 107).

En la fase III, se puede observar un incremento en la tasa de fallas en medida que se va aumentando el tiempo. En la etapa I de la fase III, el incremento es bajo y leve hacia la derecha. En la etapa II de la fase III, la tasa de fallas se incrementa en forma constante con pendiente positiva en forma rectilínea. Por último, la zona III de la fase III es de envejecimiento puro, en que la vida útil se acelera y la tasa de fallos crece aceleradamente (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 107).

Figura 2-3. Curva de la bañera para el análisis de mantenibilidad.



Fuente: (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 107)

2.10 Curva de Mantenibilidad.

La curva de mantenibilidad se representa por $M(t)$ e indica la probabilidad de que la funcionalidad de un sistema se recupere y el equipo se repare en un tiempo definido t antes de un tiempo especificado total T , la representación matemática de la curva de mantenibilidad se muestra a continuación (MORA GUTIÉRREZ, 2009):

$$M(t) = P[T \leq t] \quad (9)$$

Donde:

$M(t)$ es la función de mantenibilidad o de reparación, la cual va aumentando en la medida que se incrementa el tiempo t . A medida que se amplía el tiempo de realización, la curva de mantenibilidad aumenta para volverse máxima en un tiempo mayor o infinito, lo que significa que en medida que se asigne un tiempo más grande y máximo T para realizar un mantenimiento, la probabilidad exitosa de realizarlo en un tiempo t crece (MORA GUTIÉRREZ, 2009 págs. 109-110).

Los cálculos de mantenibilidad se realizan en forma diferente y dependen de la disponibilidad que se use; los elementos que se deben estimar en cada caso son (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 113):

- Para disponibilidad genérica MDT .
- Para disponibilidad inherente $MTTR$.
- Para disponibilidad alcanzada \bar{M} , el cual se obtiene del correctivo con $MTTR$ y de lo planeado con M_p .

2.11 Distribuciones para estimación Confiabilidad- Mantenibilidad.

Tabla 2-1. Distribuciones de probabilidad utilizadas en Confiabilidad y Mantenibilidad.

DISTRIBUCIÓN	CRITERIOS
Normal	Describe fenómenos de envejecimiento de equipos. Describe fenómenos de modelos de fatiga. Describe fenómenos naturales. Los componentes son afectados desde un comienzo por el desgaste.
Exponencial	Las reparaciones constituyen un intercambio de piezas estándar. Fallas aleatorias y que no dependen del tiempo que lleve en funcionamiento. Describe situaciones de función de tasa de fallos constante. El componente usado que aún no ha fallado, es estadísticamente tan bueno como un componente nuevo. Modelar componentes electrónicos. Es un caso particular de la Gamma cuando Beta es igual a 1.
Weibull	Es la única función de probabilidad que puede utilizarse para representar cualquier tipo de distribución. Representar la vida de los componentes. Vida de servicio de tubos y equipos electrónicos.
Gamma	Conveniente para caracterizar los tiempos de fallas de equipos durante periodos de rodaje. Adecuada para representar sistemas con componentes <i>stand-by</i> .
Log Normal	Describe bien cuando la mayor parte de las intervenciones son de corta duración. Aplicada para equipos electrónicos y electromecánicos. Se aproxima a la distribución exponencial, y siendo ésta mucho más sencilla de manejar, es esta última la que más se utiliza.

Fuente: (MORA GUTIÉRREZ, 2009 pág. 119).

2.12 El modelo de Weibull.

El modelo probabilístico de Weibull es muy flexible, debido a que esta ley tiene tres parámetros que permite "ajustar" los resultados experimentales y operacionales. La ley de Weibull cubre todos los casos en que la tasa de fallos λ es variable y permite ajustarse a los periodos del elemento (curva de la bañera). Para la utilización del modelo de Weibull se necesita la toma de datos de funcionamiento (TBF = intervalo entre dos fechas de averías). Estos resultados permiten estimar la función de repartición $F(t)$ que corresponde a cada instante t (TORRES, 2010).

Las expresiones matemáticas del modelo de Weibull según (TORRES, 2010) son las siguientes:

a) Densidad de probabilidad $f(t)$.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} * e^{-\left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^\beta} \quad (10)$$

Donde:

β : se llama parámetro de forma $\beta > 0$

η : se llama parámetro de escala $\eta > 0$

γ : se llama parámetro de posición $-\infty < \gamma < +\infty$

b) Función de repartición $F(t)$ (Infiabilidad).

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^\beta} \quad (11)$$

La fiabilidad correspondiente es, por lo tanto:

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^\beta} \quad (12)$$

c) Tasa instantánea de fallo.

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (13)$$

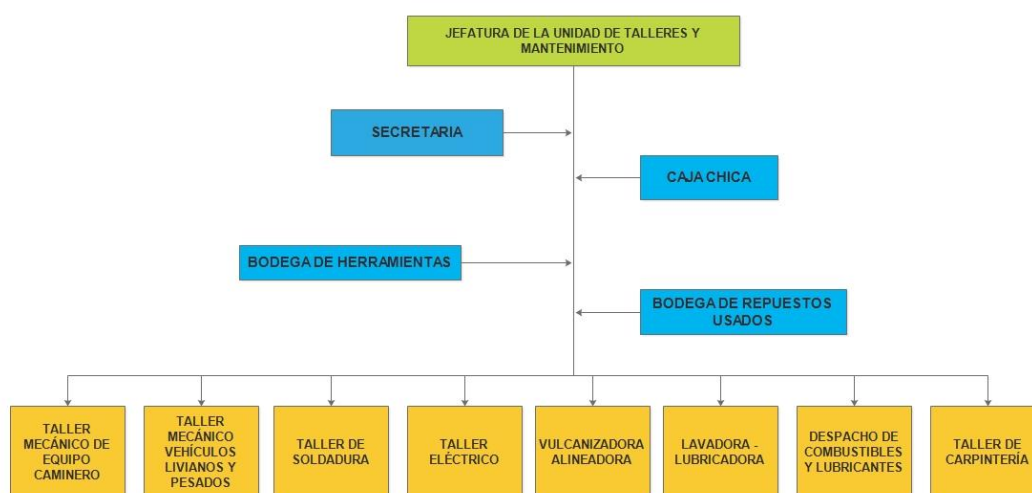
CAPÍTULO III.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TALLER DEL CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO EN LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS.

3.1 Organigrama Estructural de la Unidad de Mantenimiento y Talleres.

La unidad de talleres y mantenimiento automotriz en el Consejo Provincial de Chimborazo está bajo la coordinación y control de la Jefatura de la Unidad de Mantenimiento y Talleres, y su organigrama estructural es el siguiente:

Figura 3-1. Orden jerárquico de la unidad de talleres y mantenimiento.



Fuente: (GADPCH, 2013)

3.2 Encuesta al Personal.

Para el procedimiento de recolectar la información, se realizaron encuestas a los departamentos que repercuten en el mantenimiento de la flota de vehículos livianos, con el fin de obtener las características y procedimientos sobre el mantenimiento de los vehículos en la actualidad.

3.2.1 Encuesta al personal administrativo.

La encuesta consta de veinte preguntas, sus posibles respuestas son: Bueno, Regular y Malo; el modelo de la encuesta se presenta a continuación:

La valoración de las respuestas se las realiza con **B** (Bueno), **R** (Regular) y **M** (Malo).

En el determinado caso de no poseer, marque como malo.

Tabla 3-1. Encuesta realizada al personal administrativo.

ENCUESTA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO.			
PREGUNTAS.	B	R	M
1. ¿Cómo se ve reflejado el desarrollo de los objetivos, programas y planes de mantenimiento en el parque automotor del Consejo Provincial de Chimborazo?			
2. ¿Cómo califica usted la evaluación que se realiza a los objetivos, programas y planes de mantenimiento?			
3. ¿Cree usted que existe el financiamiento suficiente para cumplir los objetivos del programa de mantenimiento?			
4. ¿Qué tan viable es la estructura organizacional en el área de mantenimiento?.			
5. ¿Cómo califica usted los conocimientos y capacidades que poseen los técnicos encargados de mantenimiento?			
6. ¿Cómo considera usted la forma en que se lleva a cabo el control al personal en el área de mantenimiento?			
7. ¿Cómo califica usted la comunicación que existe entre los diferentes departamentos en el área de mantenimiento?			
8. ¿Qué tan eficiente es la actualización de inventarios de vehículos, herramientas y equipos?			
9. ¿Existe un control eficiente de los inventarios?			
10. ¿Cómo califica usted la disposición de repuestos con la que cuenta la institución asignados en actividades de mantenimiento?			
11. ¿Cree usted que la institución cuenta con los recursos tecnológicos para el desarrollo correcto de actividades de mantenimiento?			
12. ¿Cómo califica usted el espacio físico designado para labores de mantenimiento?			
13. ¿Existe algún mantenimiento para el espacio físico destinado a labores de mantenimiento?			
14. ¿Cómo considera usted que se llevan a cabo los registros de revisiones periódicas, tiempos de falla, estadísticas, costos, información de equipos, etc.?			
15. ¿Cuenta la institución con procedimientos técnicos y eficientes para realizar actividades de mantenimiento?			
16. ¿Existe en la institución formatos establecidos o manuales de apoyo para realizar actividades de mantenimiento?			

Tabla 3-1 (Continuación). Encuesta realizada al personal administrativo.

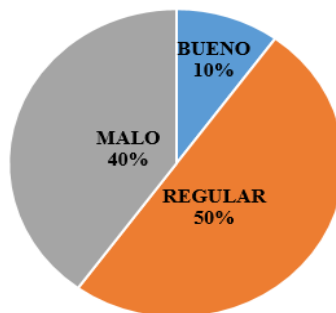
17. ¿Cómo califica usted el tiempo empleado desde que el vehículo ingresa a una actividad de mantenimiento hasta que concluye dicha actividad?			
18. ¿Existe un control de tiempos en los que los técnicos realizan actividades de mantenimiento?			
19. ¿Cuenta la institución con un software de mantenimiento especializado?			
20. ¿Qué conocimientos posee sobre indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad)?			

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos se expresan mediante las siguientes figuras:

Gráfico 3-1. Resultados pregunta 1 personal administrativo.

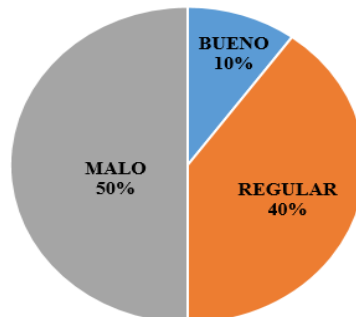
¿Cómo se ve reflejado el desarrollo de los objetivos, programas y planes de mantenimiento en el parque automotor del Consejo Provincial de Chimborazo?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-2. Resultados pregunta 2 personal administrativo.

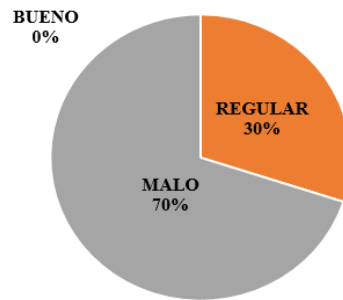
¿Cómo califica usted la evaluación que se realiza a los objetivos, programas y planes de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-3. Resultados pregunta 3 personal administrativo.

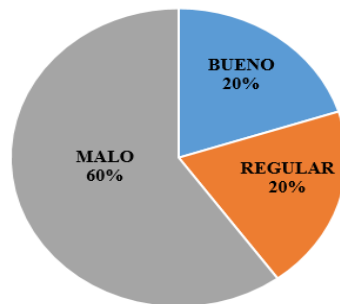
¿Cree usted que existe el financiamiento suficiente para cumplir los objetivos del programa de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-4. Resultados pregunta 4 personal administrativo.

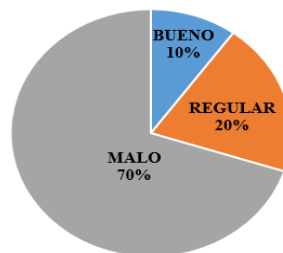
¿Qué tan viable es la estructura organizacional en el área de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-5. Resultados pregunta 5 personal administrativo.

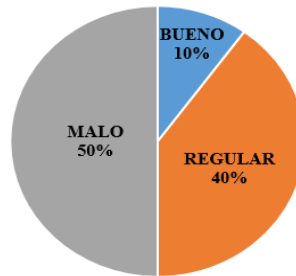
¿Cómo califica usted los conocimientos y capacidades que poseen los técnicos encargados de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-6. Resultados pregunta 6 personal administrativo.

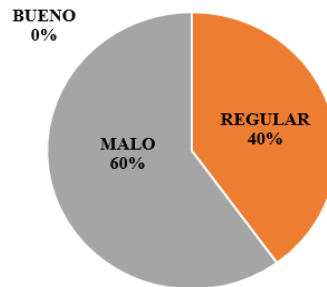
¿Cómo considera usted la forma en que se lleva a cabo el control al personal en el área de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-7. Resultados pregunta 7 personal administrativo.

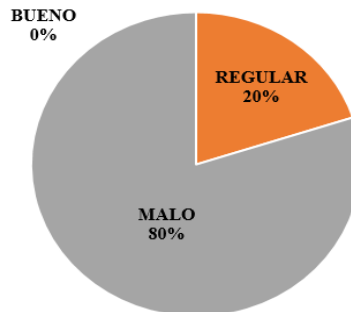
¿Cómo califica usted la comunicación que existe entre los diferentes departamentos en el área de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-8. Resultados pregunta 8 personal administrativo.

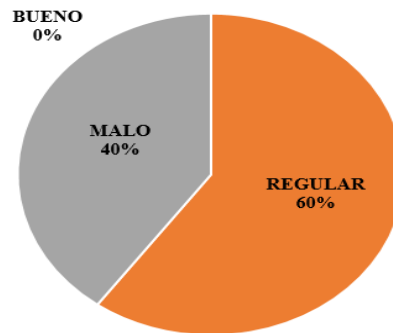
¿Qué tan eficiente es la actualización de inventarios de vehículos, herramientas y equipos?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-9. Resultados pregunta 9 personal administrativo.

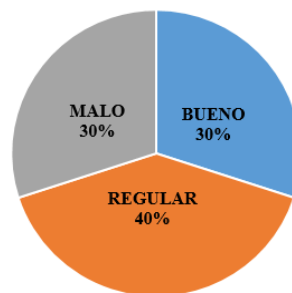
¿Existe un control eficiente de los inventarios?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-10. Resultados pregunta 10 personal administrativo.

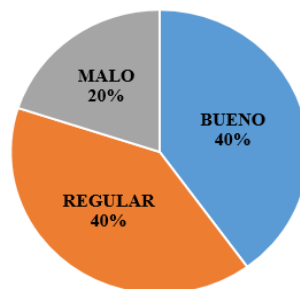
¿Cómo califica usted la disposición de repuestos con la que cuenta la institución asignados en actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-11. Resultados pregunta 11 personal administrativo.

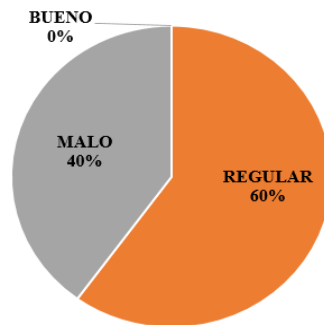
¿Cree usted que la institución cuenta con los recursos tecnológicos para el desarrollo correcto de actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-12. Resultados pregunta 12 personal administrativos.

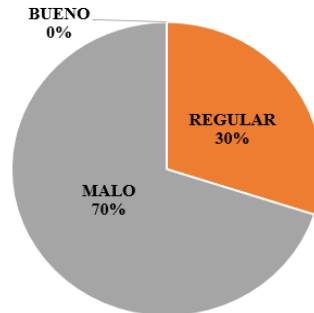
¿Cómo califica usted el espacio físico designado para labores de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-13. Resultados pregunta 13 personal administrativo.

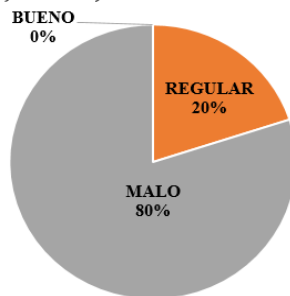
¿Existe algún mantenimiento para el espacio físico destinado a labores de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-14. Resultados pregunta 14 personal administrativo.

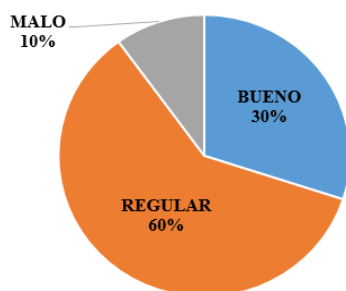
¿Cómo considera usted que se llevan a cabo los registros de revisiones periódicas, tiempos de falla, estadísticas, costos, información de equipos, etc.?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-15. Resultados pregunta 15 personal administrativo.

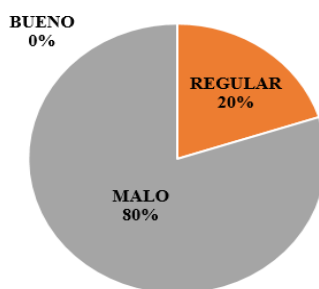
¿Cuenta la institución con procedimientos técnicos y eficientes para realizar actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-16. Resultados pregunta 16 personal administrativo.

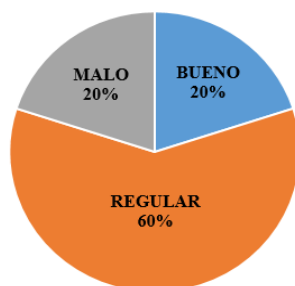
¿Existe en la institución formatos establecidos o manuales de apoyo para realizar actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-17. Resultados pregunta 17 personal administrativo.

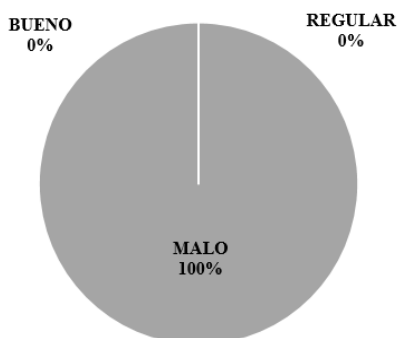
¿Cómo califica usted el tiempo empleado desde que el vehículo ingresa a una actividad de mantenimiento hasta que concluye dicha actividad?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-18. Resultados pregunta 18 personal administrativo.

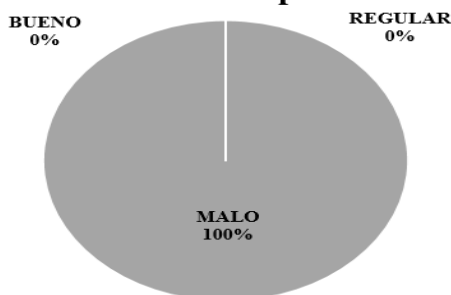
¿Existe un control de tiempos en los que los técnicos realizan actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-19. Resultados pregunta 19 personal administrativo.

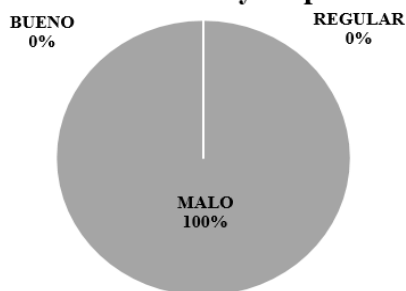
¿Cuenta la institución con un software de mantenimiento especializado?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-20. Resultados pregunta 20 personal administrativo.

¿Qué conocimientos posee sobre indicadores de mantenimiento CMD (Confiability, Mantenibilidad y Disponibilidad)?



Fuente: Autores.

3.2.2 Encuesta realizada al departamento de bodega.

La encuesta consta de catorce preguntas, sus posibles respuestas son: Bueno, Regular y Malo; el modelo de la encuesta se presenta a continuación:

La valoración de las respuestas se las realiza con **B** (Bueno), **R** (Regular) y **M** (Malo). En el determinado caso de no poseer, marque como malo.

Tabla 3-2. Encuesta realizada al departamento de bodega.

ENCUESTA AL DEPARTAMENTO DE BODEGA.			
PREGUNTAS.	E	R	M
1. ¿En su dependencia cuenta con una planificación al momento de solicitud de repuestos u otro suministro?			
2. ¿Cómo considera usted que es el cumplimiento de dicha planificación?			
3. ¿La estructura organizacional de la institución permite un trabajo rápido y eficaz?			
4. ¿Qué eficiencia existe en la comunicación del departamento de bodega con otros departamentos?.			
5. ¿Cuenta el departamento con un inventario actualizado que ayude a realizar actividades de mantenimiento?			
6. ¿Qué tan eficiente es el formato establecido en la actualidad para llevar a cabo el control de stocks o repuestos existentes?			
7. ¿Cómo califica usted el proceso de entrega y recepción de stocks o repuestos salientes del departamento de bodega?			
8. ¿Cómo califica usted al espacio designado para el almacenamiento de stocks o repuestos?			
9. ¿Cómo se presenta en la bodega, la organización de stocks o repuestos?.			
10. ¿Cómo se lleva a cabo la parte financiera para la adquisición de repuestos?			
11. ¿Existe un control sobre el adecuado funcionamiento por parte del departamento de bodega?			
12. ¿Existe un software informático con el cual se lleva a cabo la gestión de repuestos?			

Fuente: Autores.

Los resultados de la encuesta al encargado del departamento de bodega se presentan a continuación:

- No cuenta la institución con una planificación bien establecida al momento de solicitud de repuestos.
- La estructura organizacional vigente presenta dificultades que se ve reflejado en la eficacia de actividades de mantenimiento.

- La comunicación entre departamentos es de forma regular, debido a que en ciertas ocasiones no se da comunicación alguna y por lo tanto dificulta la actualización de repuestos.
- El inventario no es actualizado de forma periódica o se realiza con intervalos de tiempo bastante grandes.
- No se cuenta con un formato eficiente al momento de solicitud de repuestos.
- El proceso es de forma regular debido a que en ocasiones no se cuenta con un determinado repuesto en bodega.
- El espacio físico que comprende el departamento de bodega es bastante grande y apto para la gestión de repuestos.
- No se cuenta con una organización de materiales, elementos u otros artículos que comprende los repuestos.
- El financiamiento por parte de la administración es de forma regular.
- No se cuenta con un software para realizar la gestión de repuestos.

3.2.3 Encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento.

La encuesta consta de doce preguntas, sus posibles respuestas son: Bueno, Regular y Malo; el modelo de la encuesta se presenta a continuación:

La valoración de las respuestas se las realiza con **B** (Bueno), **R** (Regular) y **M** (Malo). En el determinado caso de no poseer, marque como malo.

Tabla 3-3. Encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento.

ENCUESTA LOS TÉCNICOS ENCARGADOS DE MANTENIMIENTO			
PREGUNTAS.	E	R	M
1. ¿Existe una planificación para la elaboración de las actividades de mantenimiento preventivo?			
2. ¿Cómo califica usted la eficiencia del plan de mantenimiento existente en la flota vehicular?			
3. ¿Cómo considera usted que se realiza la evaluación periódica del plan de mantenimiento existente?			
4. ¿Existen procedimientos técnicos para realizar actividades de mantenimiento?			
5. ¿El espacio físico y los técnicos con los que cuenta la institución cubren por completo las actividades de mantenimiento en la flota vehicular?			

Tabla 3-3 (Continuación). Encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento.

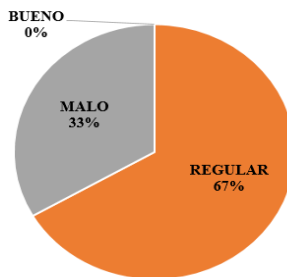
6. ¿Cuenta la institución con una gama de herramientas y equipos necesarios para el desarrollo de actividades de mantenimiento?			
7. ¿Cómo considera usted que se lleva a cabo la utilización de información técnica como manuales o diagramas según especificaciones del fabricante?			
8. ¿Cómo califica usted la comunicación entre el personal administrativo y el personal de bodega?			
9. ¿Cómo se lleva a cabo la entrega de repuestos necesarios para el desarrollo de actividades de mantenimiento?			
10. ¿Existe en bodega el suministro de repuestos necesarios para el mantenimiento de la flota de vehículos?			
11. ¿Cómo se maneja la gestión de residuos sólidos o líquidos en beneficio del medio ambiente?			
12. ¿Existe la utilización de un software para la realización de actividades de mantenimiento?			

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos se expresan mediante los siguientes gráficos:

Gráfico 3-21. Resultados pregunta 1 técnicos.

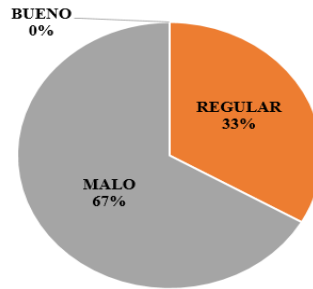
¿Existe una planificación para la elaboración de las actividades de mantenimiento preventivo?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-22. Resultados pregunta 2 técnicos.

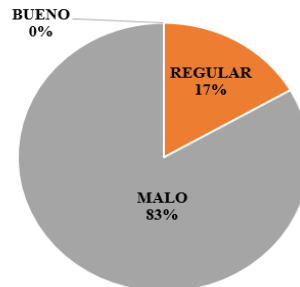
¿Cómo califica usted la eficiencia del plan de mantenimiento existente en la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-23. Resultados pregunta 3 técnicos.

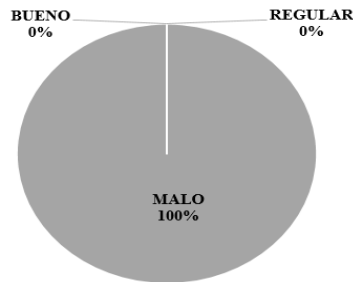
¿Cómo considera usted que se realiza la evaluación periódica del plan de mantenimiento existente?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-24. Resultados pregunta 4 técnicos.

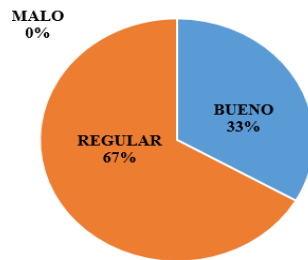
¿Existen procedimientos técnicos para realizar actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-25. Resultados pregunta 5 técnicos.

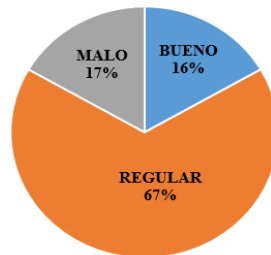
¿El espacio físico y los técnicos con los que cuenta la institución cubren por completo las actividades de mantenimiento en la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-26. Resultados pregunta 6 técnicos.

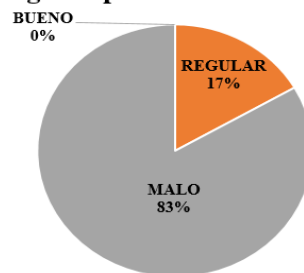
¿Cuenta la institución con una gama de herramientas y equipos necesarios para el desarrollo de actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-27. Resultados pregunta 7 técnicos.

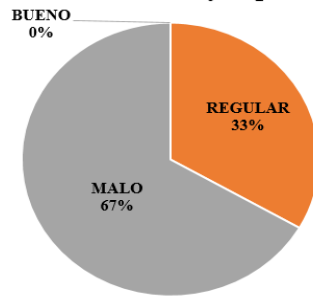
¿Cómo considera usted que se lleva a cabo la utilización de información técnica como manuales o diagramas según especificaciones del fabricante?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-28. Resultados pregunta 8 técnicos.

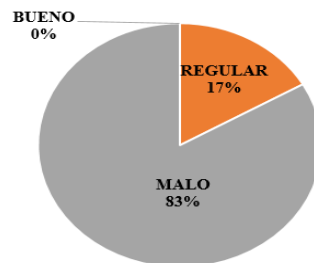
¿Cómo califica usted la comunicación entre el personal administrativo y el personal de bodega?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-29. Resultados pregunta 9 técnicos.

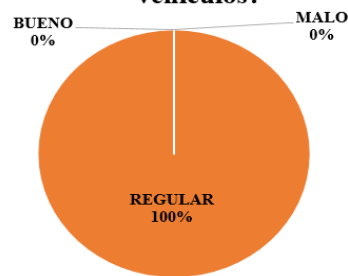
¿Cómo se lleva a cabo la entrega de repuestos necesarios para el desarrollo de actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-30. Resultados pregunta 10 técnicos.

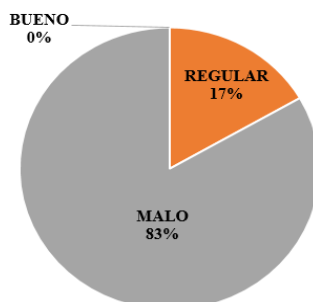
¿Existe en bodega el suministro de repuestos necesarios para el mantenimiento de la flota de vehículos?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-31. Resultados pregunta 11 técnicos.

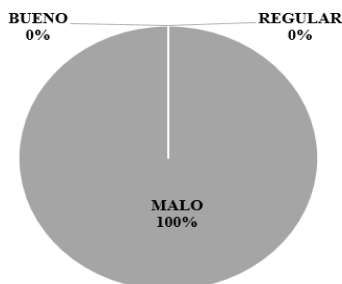
¿Cómo se maneja la gestión de residuos sólidos o líquidos en beneficio del medio ambiente?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-32. Resultados pregunta 12 técnicos.

¿Existe la utilización de un software para la realización de actividades de mantenimiento?



Fuente: Autores.

3.2.4 Encuesta realizada a los conductores de vehículos.

La encuesta consta de diez preguntas, sus posibles respuestas son: Excelente, Regular y Malo; el modelo de la encuesta se presenta a continuación:

La valoración de las respuestas se las realiza con **E** (Excelente), **R** (Regular) y **M** (Malo). En el determinado caso de no poseer, marque como malo.

Tabla 3-4. Encuesta realizada a los conductores.

ENCUESTA A LOS CONDUCTORES DE VEHÍCULOS.			
PREGUNTAS.	E	R	M
1. ¿Cómo califica usted el plan de mantenimiento y control del parque automotor en la institución?			
2. ¿Cómo califica usted el proceso de mantenimiento preventivo a la flota vehicular?			
3. ¿Cómo califica usted sus conocimientos en procesos de mantenimiento de la flota vehicular?			

Tabla 3-4 (Continuación). Encuesta realizada a los conductores.

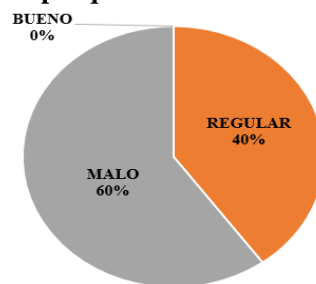
4. ¿Cree usted que el conductor tiene influencia en los procesos de mantenimiento de la flota vehicular?			
5. ¿Cómo califica usted el proceso de mantenimiento que la institución proporciona a la flota vehicular?			
6. ¿Cómo considera usted que se lleva a cabo el registro de vehículos en la institución?			
7. ¿En qué estado se encuentra la flota vehicular?			
8. ¿Cómo califica usted que se lleva a cabo las revisiones periódicas para verificar el estado de la flota vehicular?			
9. ¿Existe un registro estadístico de reparaciones?			
10. ¿Cree usted que se llevan a cabo registros sobre revisiones periódicas a los vehículos?			
11. ¿Existe un control sobre el consumo de combustible de cada vehículo?			
12. ¿Existe un programa de capacitación sobre procesos de mantenimiento para conservar de forma adecuada la flota vehicular?			

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos se expresan mediante los siguientes gráficos:

Gráfico 3-33. Resultados pregunta 1 conductores.

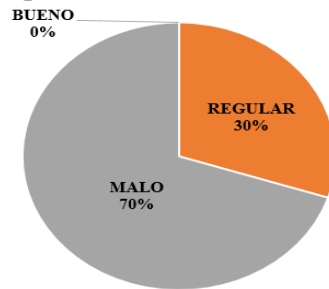
¿Cómo califica usted el plan de mantenimiento y control del parque automotor en la institución?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-34. Resultados pregunta 2 conductores.

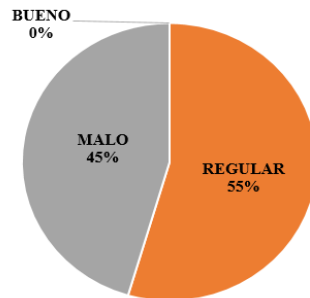
¿Cómo califica usted el proceso de mantenimiento preventivo a la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-35. Resultados pregunta 3 conductores.

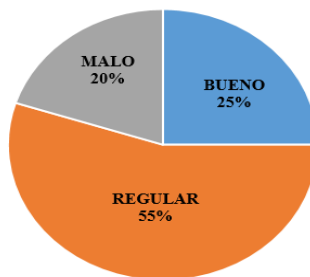
¿Cómo califica usted sus conocimientos en procesos de mantenimiento de la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-36. Resultados pregunta 4 conductores.

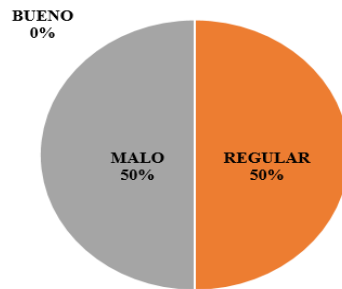
¿Cree usted que el conductor tiene influencia en los procesos de mantenimiento de la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-37. Resultados pregunta 5 conductores.

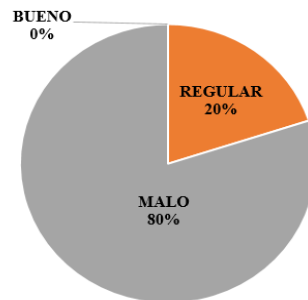
¿Cómo califica usted el proceso de mantenimiento que la institución proporciona a la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-38. Resultados pregunta 6 conductores.

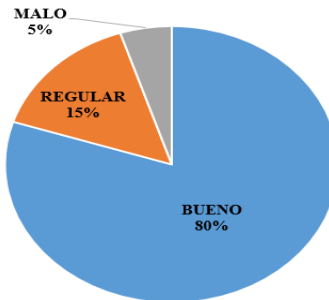
¿Cómo considera usted que se lleva a cabo el registro de vehículos en la institución?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-39. Resultados pregunta 7 conductores.

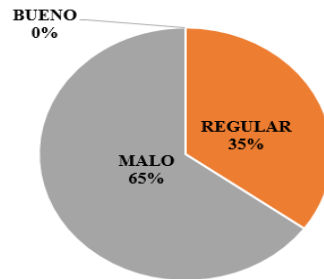
¿En qué estado se encuentra la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-40. Resultados pregunta 8 conductores.

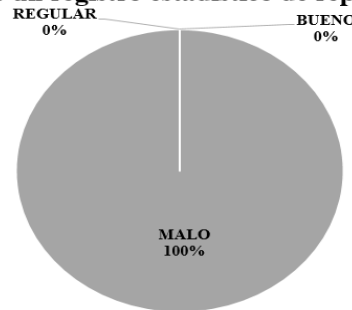
¿Cómo califica usted que se lleva a cabo las revisiones periódicas para verificar el estado de la flota vehicular?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-41. Resultados pregunta 9 conductores.

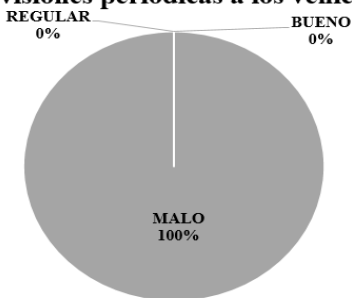
¿Existe un registro estadístico de reparaciones?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-42. Resultados pregunta 10 conductores.

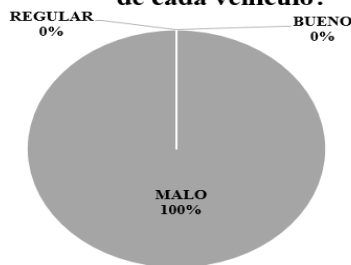
¿Cree usted que se llevan a cabo registros sobre revisiones periódicas a los vehículos?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-43. Resultados pregunta 11 conductores.

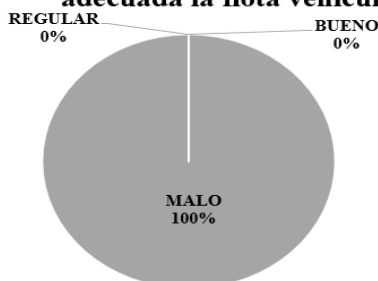
¿Existe un control sobre el consumo de combustible de cada vehículo?



Fuente: Autores.

Gráfico 3-44. Resultados pregunta 12 conductores.

¿Existe un programa de capacitación sobre procesos de mantenimiento para conservar de forma adecuada la flota vehicular?



Fuente: Autores.

3.3 Registro de vehículos pertenecientes a la flota de livianos.

El Consejo Provincial de Chimborazo posee a su disposición una flota de vehículos livianos, entre los cuales existen vehículos a Diésel y vehículos a gasolina. La institución lleva el registro de vehículos de la siguiente manera:

Tabla 3-5. Registro de vehículos de la flota de livianos.

<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>NÚMERO MOTOR</u>	<u>CHASIS</u>	<u>PLACA</u>
CHEVROLET	TROOPER 5P. 4X4	36018	JACUBS25G1710079 6	HEA-0590
MITSUBISHI	MONTERO 5P. 4X4	6G75SC8635	JMYLYV77W6J0003 11	HEA-0632
MITSUBISHI	MONTERO 5P. 4X4	4M41UAA4858	JMYLYV98W9J0003 84	HEI-1061
TOYOTA	FORTUNER 5P. 4X4	1GR0925930	MR0YU59G3980042 73	HSA-1024
HYUNDAI	H1 STAREX	D4BH7436086	KMJWSH7HP8U814 312	HSA-1017
VOLKS WAGEN	CRAFTER	CKU033966	WV1ZZZ2EZE60012 58	HSA-1048
TOYOTA	HIACE DIESEL	5L6214812	JTF5K22P2D001912 3	HSA-1036

Fuente: (GADPCH, 2013).

3.4 Estado de la flota de vehículos livianos.

El estado de la flota de vehículos livianos se determina mediante inspección visual y se elabora un registro donde se coloca un estado que puede ser: B(Bueno), R(Regular) y M(Malo). Los datos de los vehículos se ordenan de acuerdo a los registros de vehículos que se encuentran en las oficinas del Consejo Provincial de Chimborazo.

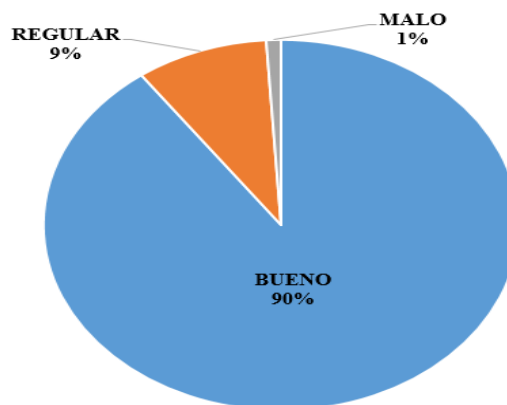
Tabla 3-6. Estado de la flota de vehículos livianos.

<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>NÚMERO MOTOR</u>	<u>CHASIS</u>	<u>PLACA</u>	<u>ESTADO</u>		
					<u>B</u>	<u>R</u>	<u>M</u>
CHEVROLET	TROOPER	36018	JACUBS25G	HEA-0590			
T	5P. 4X4		17100796				
MITSUBISHI	MONTERO	6G75SC8635	JMYLYV77	HEA-0632			
	5P. 4X4		W6J000311				
MITSUBISHI	MONTERO	4M41UAA48	JMYLYV98	HEI-1061			
	5P. 4X4	58	W9J000384				
TOYOTA	FORTUNER	1GR0925930	MR0YU59G3	HSA-1024			
	5P. 4X4		98004273				
HYUNDAI	H1 STAREX	D4BH743608	KMJWSH7H	HSA-1017			
		6	P8U814312				
VOLKS WAGEN	CRAFTER	CKU033966	WV1ZZZ2EZ	HSA-1048			
			E6001258				
TOYOTA	HIACE	5L6214812	JTFSK22P2D	HSA-1036			
	DIESEL		0019123				

Fuente: Autores.

El resultado de la inspección de la flota de vehículos livianos arroja que el 90% de toda la flota se encuentra en buen estado, un total de 7 vehículos en estado regular y 1 vehículo que presenta serias dificultades en el cumplimiento de sus funciones. Mediante la siguiente figura se presenta los porcentajes de estado de toda la flota de vehículos livianos.

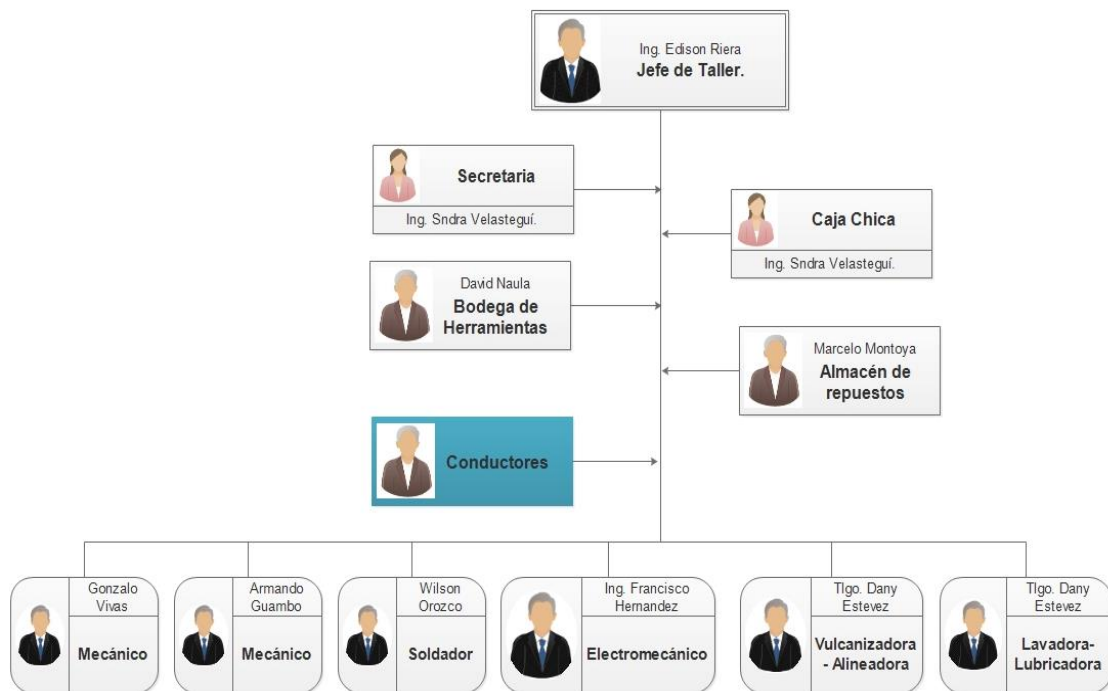
Gráfico 3-45. Estado de vehículos livianos.



Fuente: Autores.

3.5 Orden jerárquico para la realización de actividades de mantenimiento de la flota de vehículos livianos.

Figura 3-2. Personal de unidad de talleres y mantenimiento.



Fuente: (GADPCH, 2013).

3.6 Taller destinado para la realización del mantenimiento de la flota de vehículos livianos.

Los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo poseen instalaciones que son destinadas específicamente para el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos livianos, pesados y maquinaria pesada. A continuación, se presentan las diferentes áreas que son destinadas para este fin.

3.6.1 Área de oficinas.

Figura 3-3. Área de oficinas del personal administrativo.



Fuente: Autores.

En la figura, se presenta las áreas destinadas para las oficinas, en las cuales se concentra:

- Jefe de taller.
- Secretaria.
- Compras públicas.
- Jefe de bodega en lo que se refiere a las herramientas.

3.6.2 Área de despacho de combustibles.

Figura 3-4. Área de despacho de combustibles.



Fuente: Autores.

La zona de despacho de combustibles se presenta en la figura, en el cual se evidencia una falta de mantenimiento que permita una distribución correcta de los combustibles necesarios para las flotas con las que se cuenta.

3.6.3 *Área de repuestos.*

Figura 3-5. Área correspondiente a la oficina de repuestos.



Fuente: Autores.

El área destinada para repuestos se encuentra en el primer piso, donde se encuentra la dotación para las flotas, en la bodega de repuestos no se cuenta con una señalización adecuada que permita al despachador una mejor eficiencia en su trabajo.

3.6.4 *Área de despacho de lubricantes.*

Figura 3-6. Área correspondiente al despacho de lubricantes.



Fuente: Autores.

La zona de despacho de lubricantes se encuentra en estado regular, no existe un mantenimiento adecuado de la zona y no cuenta con ninguna clase de señalización.

3.6.5 *Áreas destinadas para la realización de mantenimiento de las flotas existentes en el Consejo Provincial de Chimborazo.*

En el Consejo Provincial de Chimborazo se cuenta con áreas en las que se desarrollan actividades de mantenimiento, tanto programadas como correctivas, el espacio designado se presenta a continuación.

3.6.5.1 Área de mantenimiento de la flota de livianos y pesados.

Figura 3-7. Área destinada para actividades de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Las actividades de mantenimiento se realizan en el taller automotriz en donde se realiza mantención a vehículos livianos y pesados, la zona de mantenimiento de maquinaria pesada se encuentra separada debido al tamaño y la complejidad de la flota. El taller automotriz cuenta con un área en las que se encuentran las herramientas necesarias para la realización de actividades según se presenten, un área en las que se encuentran piezas netamente de vehículos de los cuales se han realizado algún trabajo anteriormente y por último de un espacio en donde se desarrollan las actividades pertinentes de mantenimiento.

Figura 3-8. Área destinada para herramientas.



Fuente: Autores.

Figura 3-9. Área de almacenamiento de piezas utilizadas.



Fuente: Autores.

Figura 3-10. Área de mantenimiento preventivo.



Fuente: Autores.

Figura 3-11. Área de mantenimiento correctivo.



Fuente: Autores.

3.6.5.2 Área de mantenimiento para la flota de maquinaria.

El área destinada para las actividades en maquinaria pesada se encuentra en condiciones precarias, no se cuenta con adecuada infraestructura y el desarrollo de cualquier tipo de actividad puede resultar riesgoso para los operadores.

Figura 3-12. Área de mantenimiento de maquinaria pesada.



Fuente: Autores.

3.6.5.3 Área de lavado de las flotas de livianos, pesados y maquinaria pesada.

En el Consejo Provincial de Chimborazo se cuenta con una zona destinada al lavado de las flotas, la misma que es de gran espacio como se muestra a continuación:

Figura 3-13. Área de lavado.



Fuente: Autores.

3.7 Costos de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.

Tabla 3-7. Gastos registrados en mantenimiento de vehículos livianos.

<u>MES</u>	<u>COSTO (en dólares).</u>
Mayo 2016.	15494,45
Junio 2016.	13809,63
Julio 2016.	14362,56
Agosto 2016.	10407,16
Septiembre 2016.	14968,74
Octubre 2016.	15759,20
Noviembre 2016.	9354,57

Fuente: (GADPCH, 2013).

3.8 Conclusiones del estudio de la situación actual.

- Los objetivos, programas y planes de mantenimiento para la flota de vehículos livianos en el Consejo Provincial de Chimborazo, se los realiza de una manera desordenada y desorganizada siendo necesaria la incorporación de un plan de mantenimiento para la flota vehicular.
- No se cuenta con una planificación de actividades de mantenimiento así mismo la carencia de un control de tiempos que son los destinados hacia los técnicos al momento de realizar mantenimiento a la flota vehicular.
- No se cuenta con formatos establecidos bajo criterios técnicos de los inventarios en el departamento de bodega, registros de automóviles, registros de actividades realizadas y tiempos de falla.
- El número de técnicos encargados de mantenimiento es teóricamente correcto, pero no se cuenta con una gama de información técnica, manuales, diagramas u otra información proporcionada por el fabricante que permita el desarrollo técnico y eficiente de actividades de mantenimiento.
- Los conductores no reciben una determinada capacitación sobre los planes de mantenimiento para sus vehículos provocando la existencia de acciones correctivas en el parque automotor
- Los equipos de diagnóstico automotriz existentes en el área de mantenimiento vehicular no cuentan con un mantenimiento periódico o con un sistema de normalización de herramientas que necesitan una calibración especial para validar los procedimientos.

- El sistema de señalización de seguridad es deficiente puesto que no se cuenta con señalética de información, prevención y de riesgos lo que conlleva a que la seguridad del personal de cualquier área se vea afectada.
- No existe un software especializado para el control y realización de actividades de mantenimiento para la flota vehicular así mismo no existe el conocimiento ni se cuenta con información sobre indicadores de mantenimiento Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

CAPÍTULO IV

4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEDICIÓN CMD PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS.

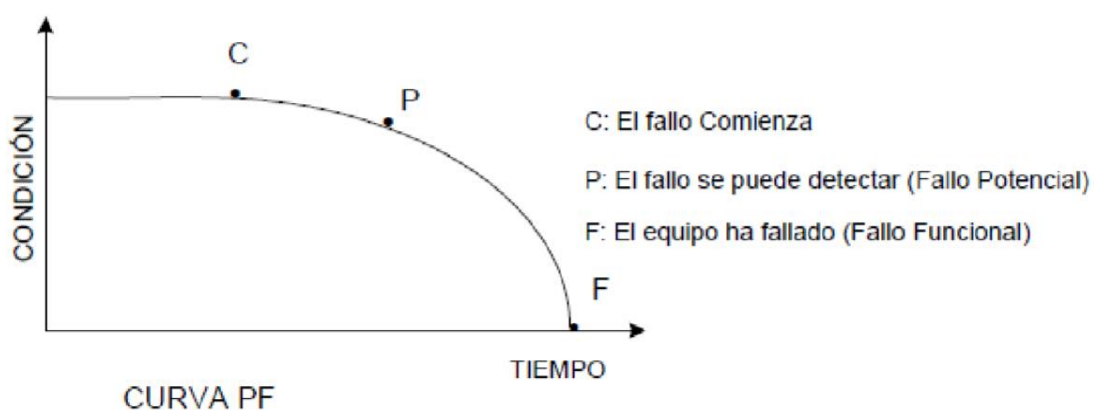
En el presente capítulo se procede a la elaboración del plan de mantenimiento para la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo, así mismo como los cálculos de los indicadores de mantenimiento CMD que nos permitirá visualizar y entender si desarrollo de las actividades de mantenimiento es eficiente en toda la flota de livianos.

4.1 Mantenimiento predictivo o basado en una condición.

Mantenimiento predictivo o condicional se define como un conjunto de actividades basadas en la examinación y posterior evaluación de parámetros que determinan las características de un equipo o componente. El objetivo del análisis de estos parámetros es realizar un seguimiento del componente para poder determinar el inicio de un deterioro en su funcionalidad antes de que ocurra una falla funcional del mismo (CRUZ JASSO, 2011 págs. 21-22).

En la figura, se presenta una curva para el análisis del deterioro en funcionalidad de un componente o equipo, en la cual se observa tres puntos C, P y F. El punto C determina el inicio del deterioro del componente o equipo, el punto P donde se puede detectar el deterioro mediante el análisis de mantención predictiva y se conoce como falla potencial, y el punto F se conoce como falla funcional y es donde el componente ya falla (CRUZ JASSO, 2011 págs. 22-23).

Figura 4-1. Curva P-F de componentes.



Fuente: (CRUZ JASSO, 2011).

Según lo especifica (CRUZ JASSO, 2011 pág. 24), un proceso de mantenimiento predictivo se basa en el análisis de la importancia de la maquina o equipo a analizar así mismo la instrumentación necesaria, ya que la inspección de diversos parámetros como vibraciones, presiones, caudal, temperaturas, etc. requiere una instrumentación especializada. El control de parámetros de diferentes equipos y las técnicas utilizadas se presentan a continuación:

Tabla 4-1. Parámetros y técnicas en equipos dinámicos.

PARÁMETRO	TÉCNICA
Inspección visual	Utilización de endoscopios, videos
Vibraciones	Análisis espectral y de tendencias
Presión, caudal, temperatura	Seguimiento de evolución
Ruido	Análisis de espectro
Degradación y contaminación de lubricantes	Análisis físico-químicos, ferrografía
Estado de rodamientos	Impulsos de choque
Estados de alineación	Laser de monitorización
Control de esfuerzos, par y potencia	Extensómetro, torsiómetros
Velocidades críticas	Amortiguación dinámica

Fuente: (CRUZ JASSO, 2011).

Tabla 4-2. Parámetros y técnicas de equipos estáticos.

PARÁMETRO	TÉCNICA
Inspección visual	Testigos, endoscopios
Corrosión	Testigos, rayos x, ultrasonidos
Fisuración	Líquidos penetrantes, partículas magnéticas, rayos x, ultrasonidos, corrientes parásitas
Estado de carga	Entensometría, células de carga
Desgaste	Ultrasonidos, corrientes inducidas, flujo magnético
Fugas	Ultrasonidos, ruidos, control atmosfera por medida de gases

Fuente: (CRUZ JASSO, 2011).

Tabla 4-3. Parámetros y técnicas de equipos eléctricos.

PARÁMETRO	TÉCNICA
Equilibrio de fases	Medidas de tensión e intensidad
Consumos anómalos	Medidas de tensión y potencia
Estado de devanados, excentricidad, desequilibrio	Espectros de corriente y vibración
Severidad de servicio	Control y recuento de arranques y maniobras
Resistencia de aislamiento	Medida de resistencia, índice de polarización
Contaminación de devanados	Corriente de absorción y fuga
Temperatura de devanados	Medidas de temperatura, termografías
Estado de escobillas	Termografías, análisis estroboscópico
Fallos de aislamiento	Factor de pérdidas dieléctricas, análisis de descargas parciales

Fuente: (CRUZ JASSO, 2011).

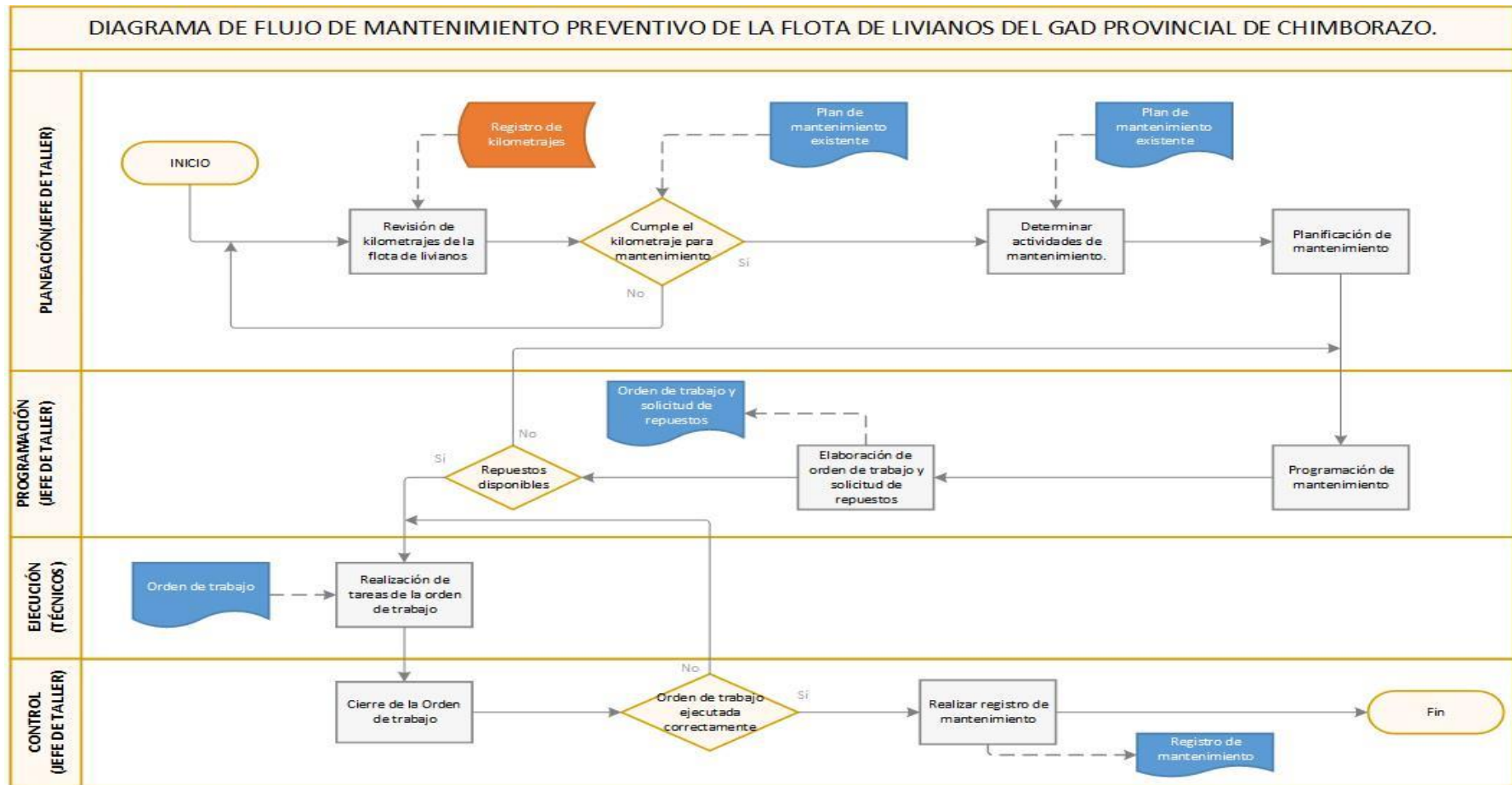
4.2 Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento programado en la flota de vehículos livianos.

Para realizar un mantenimiento eficiente se puede establecer un procedimiento, el mismo que consta de varias etapas que son: planeación, programación, ejecución y control. Mediante un procedimiento establecido se consigue que cuando alguna actividad no se

realiza correctamente se pueda recurrir y analizar la etapa en la que se detuvo el proceso, los procedimientos se detallan a continuación:

- Planeación (Jefe de Taller): la planeación del mantenimiento es el resultado de la inspección por parte del jefe de taller del registro de kilometrajes que son establecidos mediante una ficha de inspección diaria que todo vehículo debe registrar antes de su operación. El jefe de taller verifica los kilometrajes con el plan de mantenimiento establecido y determina la planificación.
- Programación (Jefe de Taller): la programación del mantenimiento se la realiza una vez que se establecen las actividades que se deben realizar y en esta etapa se establece la fecha y la hora de realizar según la carga que se dispone de cada técnico encargado. En la programación se establecen la orden de reparación y la solicitud de repuestos pertinentes para cada actividad.
- Ejecución (Técnicos): en esta etapa se llevan a cabo todas las actividades que se encuentran en la orden de reparación.
- Control (Técnicos y Jefe de Taller): todas las actividades que se establecieron en la orden de reparación deben ser verificadas para el cierre de la orden de reparación.

Figura 4-2. Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo.



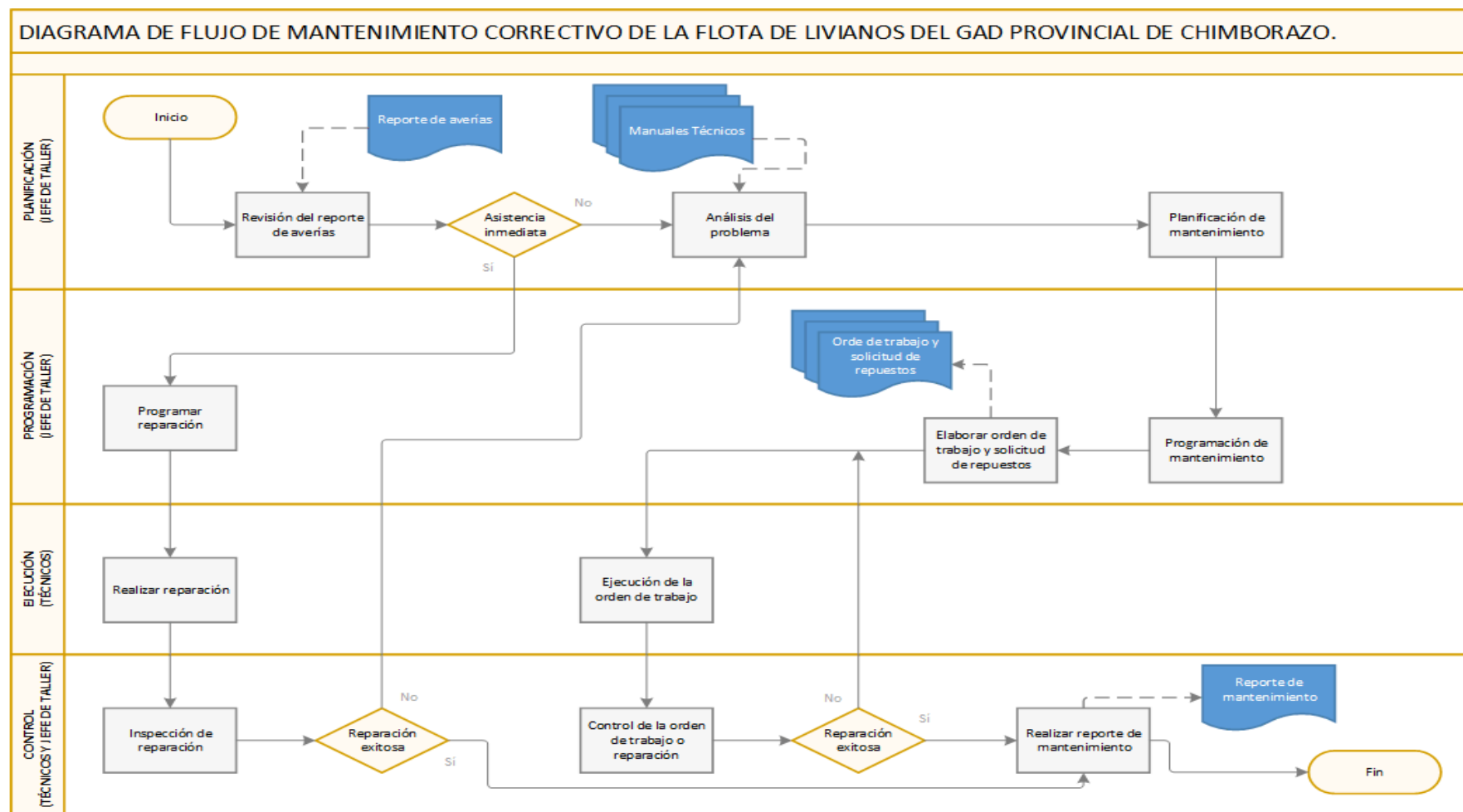
Fuente: Autores.

4.3 Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento correctivo en la flota de vehículos livianos.

Para realizar un mantenimiento eficiente se puede establecer un procedimiento, el mismo que consta de varias etapas que son: planeación, programación, ejecución y control. Mediante un procedimiento establecido se consigue que cuando alguna actividad no se realiza correctamente se pueda recurrir y analizar la etapa en la que se detuvo el proceso, los procedimientos se detallan a continuación:

- Planeación (Jefe de Taller): en la etapa de planeación el jefe de taller procede con la revisión del reporte de averías y determina si la falla es inmediata o no, en caso de que sea inmediata se programa la reparación y se la ejecuta siendo prioridad. En caso de que no sea de carácter inmediato se procede con el análisis del problema y su planificación.
- Programación (Jefe de Taller): una vez realizada la planificación se programa la fecha y el técnico para realizar la reparación, de la misma forma se elabora la orden de reparación y la solicitud de repuestos.
- Ejecución (Técnicos): los técnicos realizan las actividades de la orden de reparación que pueden estar establecidas o se vayan determinando según la urgencia.
- Control (Jefe de Taller y Técnicos): la reparación y las actividades que constan en la orden de reparación deben ser verificadas para el posterior cierre de la orden de reparación.

Figura 4-3. Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo.



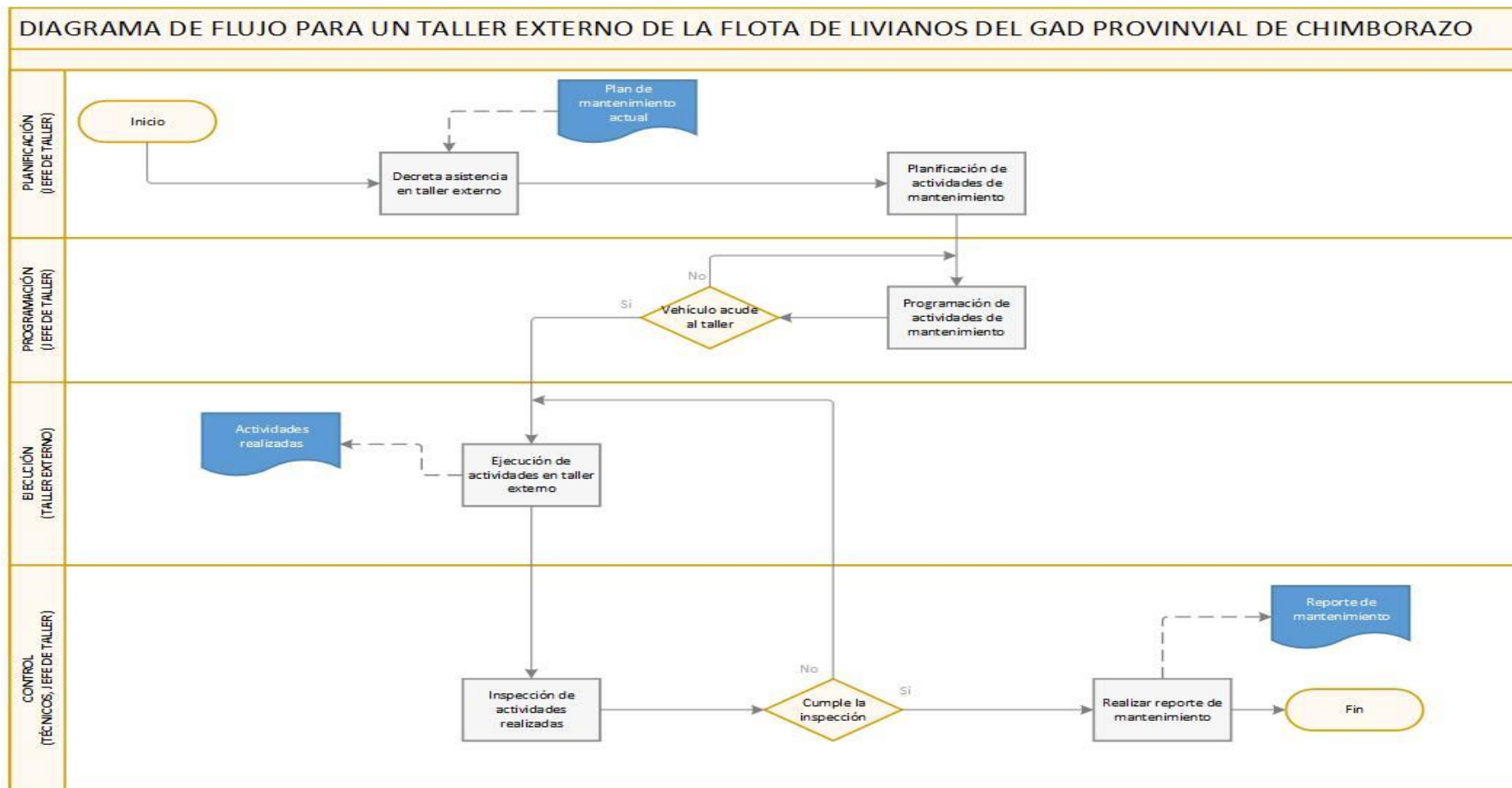
Fuente: Autores.

4.4 Procedimiento para realizar actividades de mantenimiento en un taller externo en la flota de vehículos livianos.

En determinadas ocasiones el mantenimiento de la flota de livianos se lo puede realizar en un taller externo, ya sea por especialización o porque en los talleres del Consejo Provincial no existe los instrumentos necesarios para realizar dichas actividades. A continuación, se detalla el procedimiento que se lleva a cabo cuando un vehículo debe recurrir a algún taller externo para realizar actividades de mantenimiento tanto programadas como correctivas.

- Planeación (Jefe de Taller): con la revisión del plan de mantenimiento establecido el jefe de taller decreta si es necesario una asistencia externa, en caso de ser necesario se realiza la planificación pertinente.
- Programación (Jefe de Taller): el jefe de taller establece la fecha y hora de la asistencia en el taller externo en concordancia con el encargado de dicho establecimiento.
- Ejecución (Taller externo): la elaboración de actividades se realiza en el taller externo, generando un documento sobre qué tipos de actividades se realizan.
- Control (Jefe de taller y Técnicos): las actividades realizadas son verificadas para el posterior cierre de la orden de reparación.

Figura 4-4. Diagrama de flujo taller externo.



Fuente: Autores.

4.5 Sistema de codificación propuesto para la flota de vehículos livianos.

Un sistema de codificación resulta de gran utilidad cuando se cuenta con una flota grande de vehículos. Los vehículos se los puede clasificar por marca, tipo o clase, de manera que se dificulta el entendimiento cuando para detallar a un vehículo se necesita una descripción extensa. Por esta razón surge la necesidad de establecer un sistema de codificación que sea de fácil entendimiento para los técnicos y los conductores a la hora de establecer actividades de mantenimiento tanto programadas como correctivas.

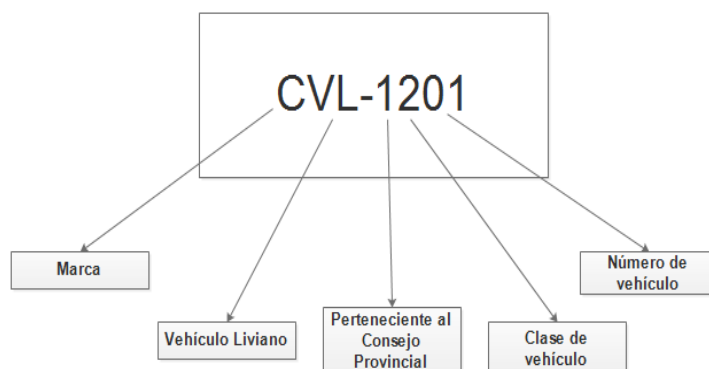
Tabla 4-4. Sistema de codificación vehículos livianos.

<u>Primera Letra (Marca de vehículo).</u>	
C	CHEVROLET
Y	HYUNDAI
M	MAZDA
VW	VOLKSWAGEN
G	GREATWALL
N	NISSAN
I	MITSUBISHI
T	TOYOTA
<u>Segunda y Tercera Letra (Tipo de Vehículo).</u>	
VL	VEHÍCULO LIVIANO
<u>Primer Dígito.</u>	
1	PERTENECIENTE AL CONSEJO PROVINCIAL.
<u>Segundo Dígito (Clase de Vehículo).</u>	
1	CAMIONETA
2	JEEP
3	BUSETA
4	OTROS
<u>Tercer y Cuarto Dígito (Número de Vehículo).</u>	

Fuente: Autores.

Siguiendo la nomenclatura establecida anteriormente, se observa un ejemplo de un vehículo liviano cuya codificación es:

Figura 4-5. Codificación para un vehículo liviano.



Fuente: Autores.

Vehículo liviano Chevrolet, perteneciente al consejo provincial, clase de vehículo Jeep y el número de la unidad al final. Aplicando la siguiente codificación a la flota de vehículos livianos nos queda un registro de la siguiente como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-5. Vehículos y codificación propuesta.

<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>NÚMERO MOTOR</u>	<u>CHASIS</u>	<u>PLACA</u>	<u>CÓDIGO</u>
CHEVROLET	TROOPER 5P. 4X4	36018	JACUBS25G 17100796	HEA-0590	CVL-1201
MITSUBISHI	MONTERO 5P. 4X4	6G75SC8635	JMYLYV77 W6J000311	HEA-0632	IVL-1202
MITSUBISHI	MONTERO 5P. 4X4	4M41UAA4858	JMYLYV98 W9J000384	HEI-1061	IVL-1203
TOYOTA	FORTUNER 5P. 4X4	1GR0925930	MR0YU59G3 98004273	HSA-1024	TVL-1204
HYUNDAI	H1 STAREX	D4BH7436086	KMJWSH7H P8U814312	HSA-1017	YVL-1505
VOLKS WAGEN	CRAFTER	CKU033966	WV1ZZZ2EZ E6001258	HSA-1048	VWVL-1506
TOYOTA	HIACE DIESEL	5L6214812	JTFSK22P2D 0019123	HSA-1036	TVL-1507

Fuente: Autores.

4.6 Fichas técnicas.

Las fichas técnicas se elaboran para cada uno de los vehículos existentes de manera que en las mismas se cuente con toda la información necesaria respecto a un vehículo como es: Datos del vehículo (marca, año, modelo), identificación y registro legal (placa, número motor, número chasis), información especial (manuales y catálogos disponibles) e información mecánica (transmisión, potencia, neumáticos).

4.7 Ficha de Inspección Diaria.

La ficha de inspección diaria resulta de gran utilidad para que todos los conductores designados a la conducción de un vehículo liviano, tengan en cuenta antes de conducir,

una serie de actividades de revisión para determinar el estado de cada vehículo correspondiente a esa flota. Esto se lo puede interpretar como un mantenimiento rutinario y consiste en una serie de inspecciones que deben ser aprobadas con la asistencia de un técnico en mantenimiento.

4.8 Cálculo de técnicos para realizar actividades de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.

El análisis del número de unidades productivas o técnicos encargados de actividades de mantenimiento se lo realiza en beneficio de la institución que permite determinar si es que los recursos económicos en la contratación de técnicos es la correcta, esta herramienta es de gran utilidad para una gestión de taller adecuada. Para realizar el cálculo se necesitan los datos del número de vehículos existentes en la flota de livianos, el tiempo promedio designado en cada reparación y el número de horas laborales que emplean los técnicos, la ecuación para el cálculo de técnicos se presenta a continuación (CASANOVA ARRIBAS, 2011):

$$up = \frac{nrd * tmr}{h} = \frac{4 * 3}{8} = 1,5 \cong 2. \quad (14)$$

Donde:

up: Número de unidades productivas.

nrd: número de reparaciones diarias.

h: número de horas laborales.

4.9 Herramientas básicas para realizar actividades de mantenimiento.

Tabla 4-6. Herramientas para un taller de mantenimiento.

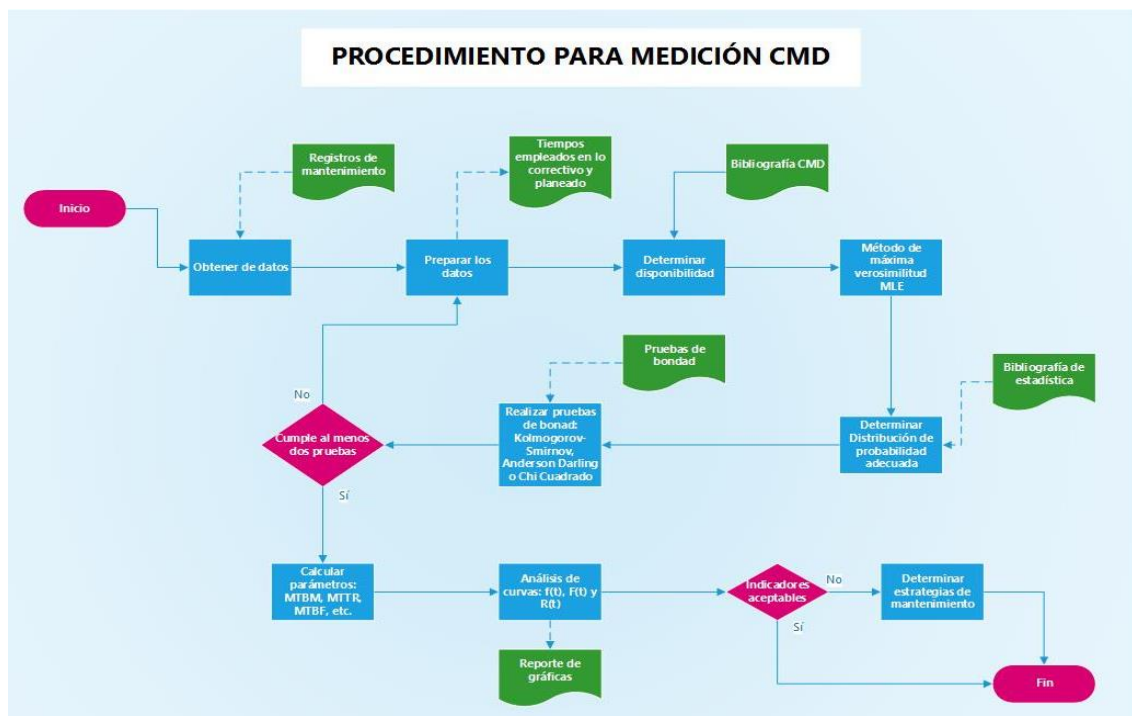
HERRAMIENTAS DE MANO
Juego de llaves fijas
Llaves de bujía
Llaves de filtro
Taladro portátil
Juego de destornilladores
Juego de alicates
Juego de llaves dinamométricas
Juego de extractores
Juego de limas
Juego de botadores
Tijeras
Martillos
Sierra
Luces portátiles
Aceiteras
Equipo para roscar
Compases
Cinceles
escuadras
HERRAMIENTAS DE USO GENERAL
Elevador hidráulico
Prensa hidráulica
Gato hidráulico tipo lagarto y caballetes
Herramientas de equipo motor, caja de cambios, dirección, ejes, ruedas y frenos.
Estación de carga
Sistema de extracción de gases de escape
HERRAMIENTAS PARA REPARACIONES MECÁNICAS
Sangradores de líquidos del vehículo
Herramienta de comprobación de ajuste de válvulas y muelles
Alineador de dirección, frenómetro, comprobador de amortiguadores y holgura de rótulas
Herramienta de comprobación de alineación de bielas
Herramienta de control de compresión de cilindros
Palmer de interiores
Balanza para comprobación de peso de bielas y pistones
HERRAMIENTAS DE COMPROBACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS
Multímetro automotriz
Osciloscopio
Soldadores
Regloscopio
Cargador de baterías
Comprobador de baterías
Bancos de prueba
Kits de lectura de anticontaminación y multiplexado

Fuente: (CASANOVA ARRIBAS, 2011).

4.10 Cálculo de indicadores de mantenimiento CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

El cálculo de indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) se lo realiza siguiendo un procedimiento y un orden, que en cualquiera de los pasos pueden surgir inconvenientes si no se revisa la información previa pertinente que puede ser manuales, documentos técnicos o simplemente una bibliografía seleccionada. El procedimiento empleado en este caso se presenta a continuación:

Figura 4-6. Diagrama de flujo procedimiento CMD.



Fuente: Autores.

Obtención de datos: todos los datos requeridos y necesarios para la medición de los indicadores de mantenimiento CMD se obtuvieron de las oficinas del Consejo Provincial de Chimborazo. Los datos obtenidos fueron en forma digital del registro histórico de fallas de los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2016, en el cual constan las fallas, repuestos, personal, taller y costos que implica el mantenimiento de cada vehículo en los meses antes mencionados.

Preparación de datos: los tiempos de cada actividad constan en los registros proporcionados por el personal administrativo del Consejo Provincial de Chimborazo, de manera que se pudieron clasificar en tiempos útiles, tiempos de falla, mantenimientos y demás actividades que pudieran ser útiles en dependencia a la disponibilidad a calcular.

Disponibilidad a calcular: la disponibilidad seleccionada es la alcanzada, la cual es seleccionada debido a que hace énfasis y análisis de mantenimientos de actividades programadas como correctivas. Para el cálculo de la disponibilidad se recurrió a la información proporcionada por el Consejo Provincial de Chimborazo, en el cual se detallan las operaciones realizadas en el periodo desde mayo hasta octubre del año 2016, la información proporcionada se la procedió a ordenar dependiendo de cada actividad realizada en los diferentes tipos de vehículos que conforman la flota de livianos, la información con los tiempos quedó ordenada de la siguiente manera:

Tabla 4-7. Tiempos implicados en mantenimiento vehicular.

FECHA	TIEMPO DE ACTIVIDAD (h)	TBMp (h)	TMp (h)	TBMc (h)	TTR
4 de Mayo	6			24	6
12 de Mayo	2,5	88	2,5		
16 de Mayo	6,5	24	6,5		
17 de Mayo	4	8	4		
31 de Mayo	7			208	7
	3			208	3
13 de Mayo	5			96	5
24 de Mayo	5	184	5		
11 de Mayo	3	80	3		
12 de Mayo	2	8	2		

Fuente: Autores.

Método de máxima verosimilitud: los datos recaudados y ordenados son analizados mediante el método de máxima verosimilitud, el mismo que no necesita un método de alineación.

Análisis mediante el modelo de Weibull: los tiempos que corresponden a las actividades de mantenimiento programadas como correctivas, así como los tiempos de reparación son analizados mediante el análisis de Weibull, donde se encuentran los factores como el parámetro de forma β y el parámetro de escala η tanto para el análisis de confiabilidad como para la mantenibilidad. El análisis de Weibull se lo realiza con la ayuda de un software estadístico como lo es STATGRAPHICS, el cual nos muestra los parámetros de forma y escala, así como las pruebas de bondad que nos ayuda a determinar si el modelo de distribución es el adecuado, los datos ingresados de los TBMp, TBMc, TMp y TTR dieron los siguientes resultados:

Figura 4-7. Análisis TBMp may-16.

Análisis Weibull - TBMp	
Datos/Variable:	TBMp
Método de Estimación:	máxima verosimilitud
Tamaño de muestra =	137
Número de fallas =	137
Forma estimada =	1,14789
Escala estimada =	75,5071
Umbral especificado =	0,0
Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza	
Forma:	[0,993852, 1,29328]
Escala:	[64,6295, 88,2155]

Fuente: Autores.

Figura 4-8. Análisis TBMc may-16.

Análisis Weibull - TBMc	
Datos/Variable:	TBMc
Método de Estimación:	máxima verosimilitud
Tamaño de muestra =	40
Número de fallas =	40
Forma estimada =	1,63402
Escala estimada =	107,625
Umbral especificado =	0,0
Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza	
Forma:	[1,22019, 2,00598]
Escala:	[87,3503, 132,604]

Fuente: Autores.

Figura 4-9. Análisis TMp may-16.

Análisis Weibull - TMp	
Datos/Variable:	TMp
Método de Estimación:	máxima verosimilitud
Tamaño de muestra =	137
Número de fallas =	137
Forma estimada =	2,40514
Escala estimada =	5,41167
Umbral especificado =	0,0
Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza	
Forma:	[2,08238, 2,70977]
Escala:	[5,02445, 5,82874]

Fuente: Autores.

Figura 4-10. Análisis TTR may-16.

Análisis Weibull - TTR	
Datos/Variable:	TTR
Método de Estimación:	máxima verosimilitud
Tamaño de muestra =	40
Número de fallas =	40
Forma estimada =	1,46247
Escala estimada =	6,56488
Umbral especificado =	0,0
Intervalos de confianza del 95,0% intervalo de confianza	
Forma:	[1,09208, 1,79537]
Escala:	[5,19932, 8,28909]

Fuente: Autores.

Pruebas de bondad de ajuste: las pruebas de bondad de ajuste de STATGRAPHICS permiten el entendimiento si es que los datos analizados son provenientes de una distribución ajustada. Para esto el análisis de pruebas de ajuste toma en cuenta el planteamiento de dos hipótesis que se muestran a continuación (STATGRAPHICS, 2006):

- Hipótesis Nula: los datos resultan de muestras independientes de la distribución especificada.
- Hipótesis Alternativa: los datos no resultan de muestras independientes de la distribución especificada.

Prueba Kolmogorov-Smirnov.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov realiza una comparación de la distribución de acumulación de los datos con la distribución de acumulación ajustada. En la evaluación se realiza entre la distribución de acumulación ajustada con cada uno de los datos y procede con el cálculo de distancias entre la c.d.f. empírica por encima de la c.d.f. ajustada (STATGRAPHICS, 2006):

$$D^+ = \max_i \left\{ \frac{i}{n} - z_{(i)} \right\} \tag{15}$$

Y luego realiza el cálculo de la distancia de la c.d.f. empírica por debajo de la c.d.f. ajustada:

$$D^- = \max_i \left\{ z_{(i)} - \frac{i-1}{n} \right\} \tag{16}$$

La estadística Kolmogorov resulta ser la más grande de las dos distancias (STATGRAPHICS, 2006).

$$D = \max(D^+, D^-) \tag{17}$$

Prueba de Anderson-Darling A².

En esta prueba ya no es las distancias lo que se toma en consideración de las c.d.f. sino más bien se basa en el cálculo de un área entre la c.d.f. empírica y la c.d.f. ajustada, a continuación se presenta la forma del cálculo de esta área (STATGRAPHICS, 2006):

$$A^2 = -n - \frac{\sum_{i=1}^n ((2i - 1) \ln(z_{(i)}) + (2n + 1 - 2i) \ln(1 - z_{(i)}))}{n} \quad (18)$$

Por último, el software realiza un cálculo de un P-valor aproximado en ambas pruebas de ajuste, este valor ayuda a determinar si la distribución seleccionada ajusta bien los datos con un nivel de significancia del 5%, los valores del P-valor que permiten aceptar o rechazar una distribución se interpretan de la siguiente forma (STATGRAPHICS, 2006):

- “ ≥ 0.10 ” si la estadística es menor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.10$.
- “ <0.10 ” si la estadística es mayor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.10$ y menor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.05$.
- “ <0.05 ” si la estadística es mayor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.05$ y menor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.01$
- “ <0.01 ” si la estadística es mayor o igual al valor tabulado para $\alpha=0.01$

Figura 4-11. Pruebas de bondad TBMP may-16.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TBMP	
Prueba de Kolmogorov-Smirnov	
	<i>Weibull</i>
DMAS	0,0946821
DMENOS	0,0809161
DN	0,0946821
Valor-P	0,171553
Anderson-Darling A ²	
	<i>Weibull</i>
A ²	1,91662
Forma Modificada	1,91662
Valor-P	≥ 0.10

Fuente: Autores.

4.10.1 Cálculo de indicadores CMD.

4.10.1.1 Disponibilidad alcanzada D_A .

Tabla 4-8. Disponibilidad alcanzada vehículos livianos.

<i>Mes</i>	<i>MTBMp</i>	<i>Mp</i>	<i>MTBMc</i>	<i>MTTR</i>	<i>MTBM</i>	\bar{M}	D_A
May-16	71,8987	4,7976	96,3157	5,8914	41,1675	5,2651	88,6608
Jun-16	105,593	3,8309	66,2945	4,3790	40,7257	4,1676	90,7166
Jul-16	78,1610	4,5700	98,2649	6,9510	43,5338	5,6248	88,5578
Ago-16	74,1203	4,3412	76,7662	5,6478	37,7100	4,9830	88,3283
Sep-16	98,4201	4,6398	95,7369	4,7724	48,5300	4,7100	91,1584
Oct-16	70,4521	5,6056	108,1520	6,4110	42,6616	5,1344	89,2577

Fuente: Autores.

4.10.1.2 Confiabilidad $R(t)$.

Tabla 4-9. Confiabilidad para los MTBMp.

Mes	MTBMp	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Beta	Eta	Confiabilidad R(t)
			Valor P	Cumple	Valor P	Cumple			
May-16	71,8987	Weibull	0,1716	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,1479	75,5072	38,8548
Jun-16	105,593	Log logística 3P	0,1457	Sí	$\geq 0,10$	Sí			37,5784
Jul-16	78,1610	Weibull	0,0753	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,2849	83,9931	40,1057
Ago-16	74,1203	Weibull	0,2209	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,2396	79,4267	39,9372
Sep-16	98,4201	Log logística 3P	0,3211	Sí	$\geq 0,10$	Si			40,9295
Oct-16	70,4521	Weibull	0,1522	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,4066	77,3558	41,6119

Fuente: Autores.

Tabla 4-10. Confiabilidad para los MTBMc.

Mes	MTBMc	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Beta	Eta	Confiabilidad R(t)
			Valor P	Cumple	Valor P	Cumple			
May-16	96,3157	Weibull	0,8596	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,6340	107,6250	43,4269
Jun-16	66,2945	Weibull	0,7931	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,2069	70,5795	39,5661
Jul-16	98,2649	Weibull	0,7165	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,5211	109,0300	42,5818
Ago-16	76,7662	Weibull	0,5704	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,1460	80,5803	38,8312
Sep-16	95,7369	Log logística 3P	0,3192	Sí	$\geq 0,10$	Si			41,2237
Oct-16	108,1520	Weibull	0,6390	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,4726	119,5260	42,1861

Fuente: Autores.

4.10.1.3 Mantenibilidad $M(t)$.

Tabla 4-11. Mantenibilidad para los Mp.

Mes	Mp	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Beta	Eta	Mantenibilidad M(t)
			Valor P	Cumple	Valor P	Cumple			
May-16	4,7976	Weibull	0,113	Sí	$\geq 0,10$	Sí	2,4051	5,4116	52,6921
Jun-16	3,8309	Weibull	0,188	Sí	$\geq 0,10$	Sí	3,0730	4,2854	50,7649
Jul-16	4,5700	Weibull	0,179	Sí	$\geq 0,10$	Sí	3,2194	5,1010	50,4402
Ago-16	4,3412	Weibull	0,163	Sí	$\geq 0,10$	Sí	2,9995	4,8615	50,9384
Sep-16	4,6398	Weibull	0,219	Sí	$\geq 0,10$	Sí	3,3057	5,1720	50,2612
Oct-16	5,6056	Weibull 3P	0,2010	Sí	$\geq 0,10$	Sí	2,5272	5,2439	47,7282

Fuente: Autores.

Tabla 4-12. Mantenibilidad para los MTTR.

Mes	MTTR	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson Darling		Beta	Eta	Mantenibilidad M(t)
			Valor P	Cumple	Valor P	Cumple			
May-16	5,8914	Weibull 3P	0,4211	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,0428	4,5964	72,6090
Jun-16	4,3790	Weibull	0,315	Sí	$\geq 0,10$	Sí	1,5604	4,8723	57,1122
Jul-16	6,9510	Weibull	0,421	Sí	$\geq 0,10$	Sí	2,2806	7,8039	53,6058
Ago-16	5,6478	Log logística 3P	0,4211	Sí	$\geq 0,10$	Sí			70,7806
Sep-16	4,7724	Log logística 3P	0,1594	Sí	$\geq 0,10$	Sí			50,2746
Oct-16	6,4110	Weibull	0,638	Sí	$\geq 0,10$	Sí	2,1917	7,2390	53,5255

Fuente: Autores.

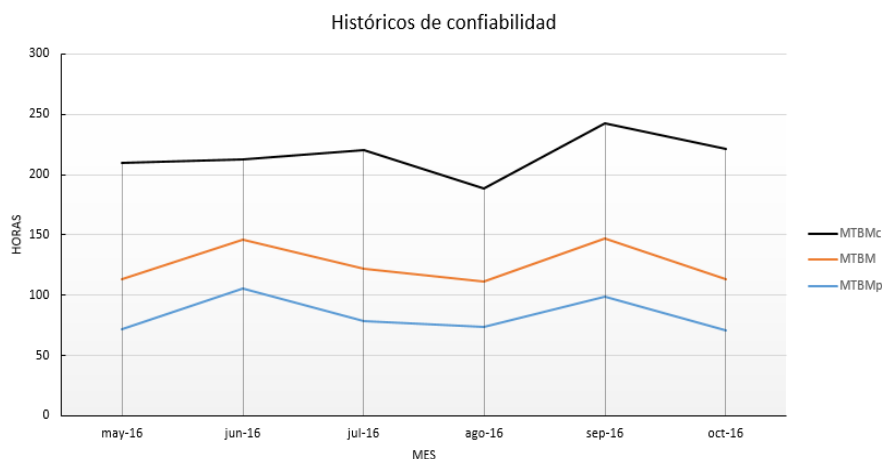
4.10.2 Análisis de los indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) en el periodo mayo - octubre 2016.

Una vez realizado el cálculo de los indicadores de mantenimiento Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad se procede con el análisis y el comportamiento de cada uno de los valores medios MTBMP, MTBMc, MTBM, Mp, MTTR, \bar{M} y los valores de Disponibilidad Alcanzada con el objetivo de poder determinar criterios de mejora y como es que afectan en el mantenimiento de la flota de livianos.

4.10.2.1 Análisis de confiabilidad.

En la figura, se observa como es la variación de los valores medios de MTBMP, MTBMc y MTBM durante los meses de estudio. Hay que tener en cuenta que el cálculo de confiabilidad se basa en el MTBMP (Tiempo entre mantenimientos programados) y en el MTBMc (Tiempo entre mantenimientos correctivos) dando los valores que anteriormente fueron calculados.

Gráfico 4-1. Evolución de históricos confiabilidad.

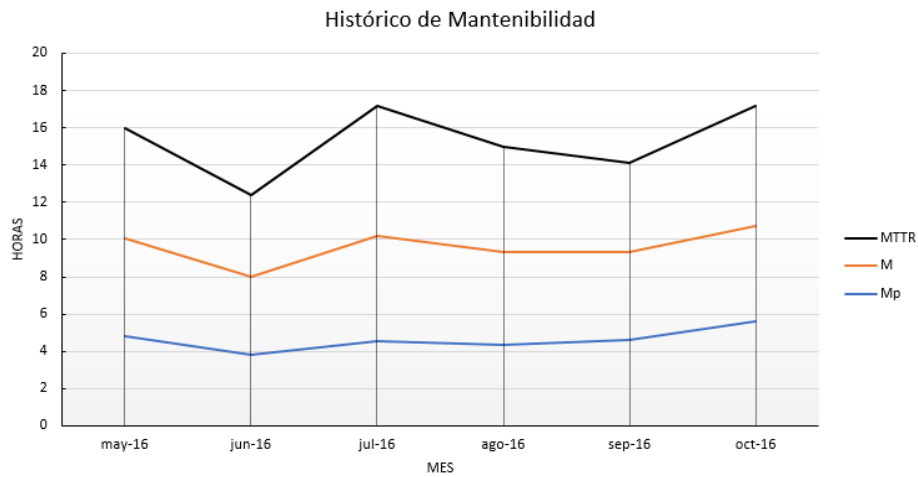


Fuente: Autores.

4.10.2.2 Análisis de Mantenibilidad.

Para el análisis de Mantenibilidad en el periodo estudiado se recurre al comportamiento de los valores de Mp, \bar{M} y el MTTR. En la figura, se puede observar cómo van cambiando estos valores, alcanzando valores altos de los MTTR sobre los valores de los Mp y una posición central del \bar{M} que es el tiempo medio de mantenimiento activo. Los valores de Mantenibilidad deben permanecer lo más bajos posibles para mejoras de la gestión de mantenimiento.

Gráfico 4-2. Evolución de históricos mantenibilidad.

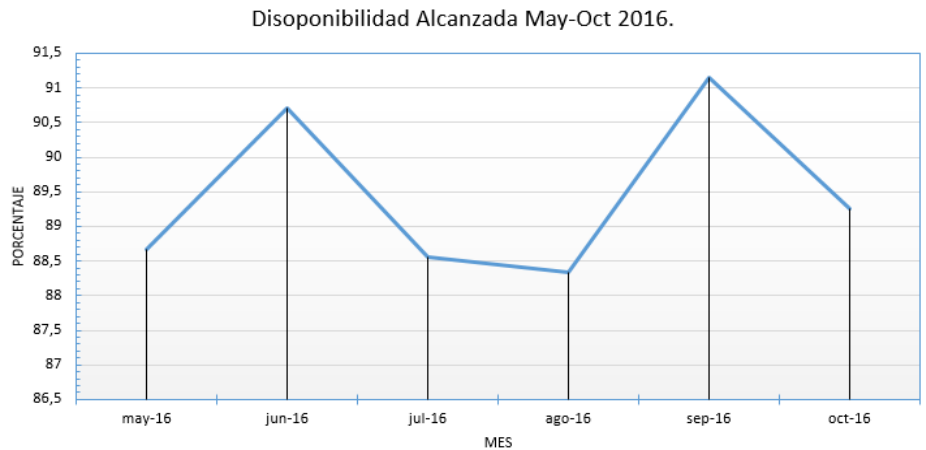


Fuente: Autores.

4.10.2.3 Análisis de Disponibilidad Alcanzada.

Una vez que se determina el comportamiento de los históricos de confiabilidad y mantenibilidad se procede con el análisis de los diversos valores de Disponibilidad Alcanzada donde se puede observar un valor máximo de 91,1584% y un valor mínimo de 88,3283% de la flota de vehículos livianos. En la figura, se detalla el comportamiento de los valores de Disponibilidad Alcanzada calculados.

Gráfico 4-3. Evolución de Disponibilidad.

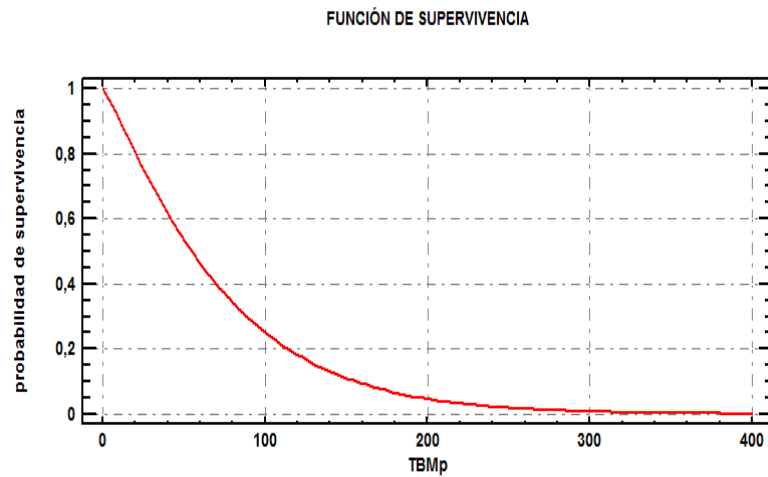


Fuente: Autores.

4.10.3 Análisis de curvas para la confiabilidad en actividades de mantenimiento programadas.

La función de confiabilidad o fiabilidad $R(t)$ se representa en la figura 7-4, donde el MTBMp es de 71,8987 lo cual nos da un valor de confiabilidad de 38,8548 con el análisis bajo el modelo de Weibull.

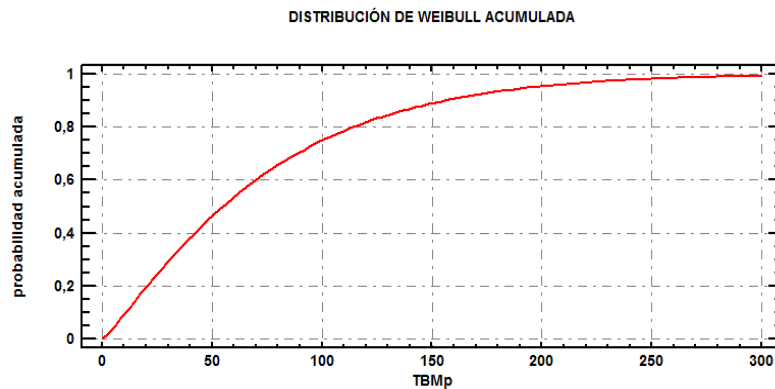
Gráfico 4-4. Función de supervivencia may-16.



Fuente: Autores.

La función de distribución acumulada se presenta en la figura 8-4, donde para un valor de MTBMP de 71,8987 se obtiene un valor de infiabilidad de 61,1452. El valor del MTBMP es directamente proporcional a la infiabilidad e inversamente proporcional a la fiabilidad.

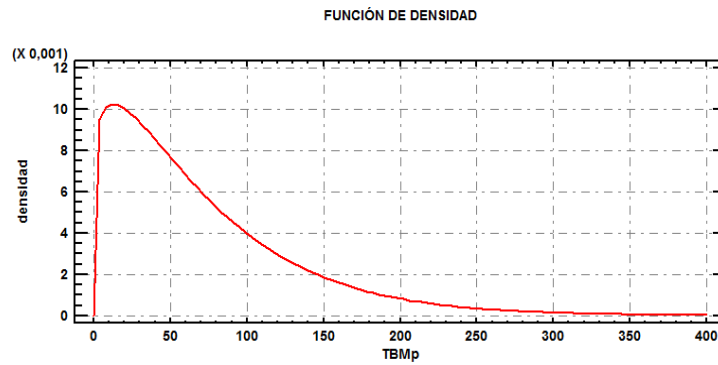
Gráfico 4-5. Función de distribución acumulada may-16.



Fuente: Autores.

La función de densidad se representa en la figura 9-4, la función presenta un valor pico de aproximadamente 13h, a partir de aquí la función empieza a decrecer lo que nos da la idea de la que la probabilidad de fallas va disminuyendo.

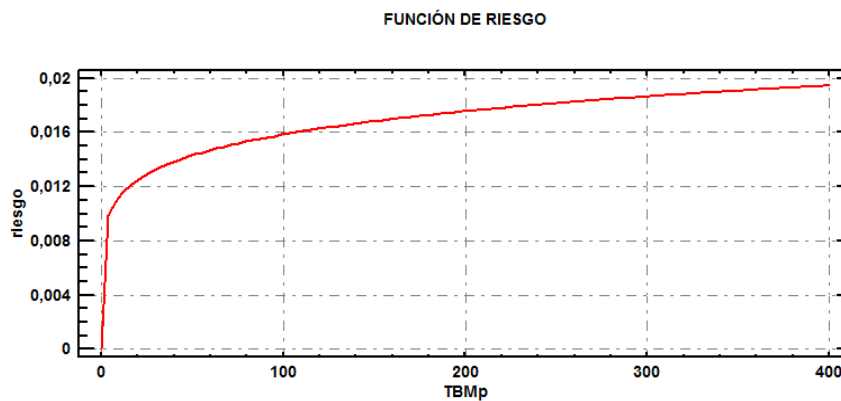
Gráfico 4-6. Función densidad de probabilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de riesgo se presenta en la figura 10-4, crece de una manera significativa hasta un valor aproximado de 3h, a partir del cual empieza una tendencia que es constante. La función de riesgo es equivalente a la tasa de fallos, que crece hasta un valor pequeño y luego permanece constante, lo que indica que estos tipos de datos pueden modelarse también mediante una distribución exponencial.

Gráfico 4-7. Función de riesgo may-16.

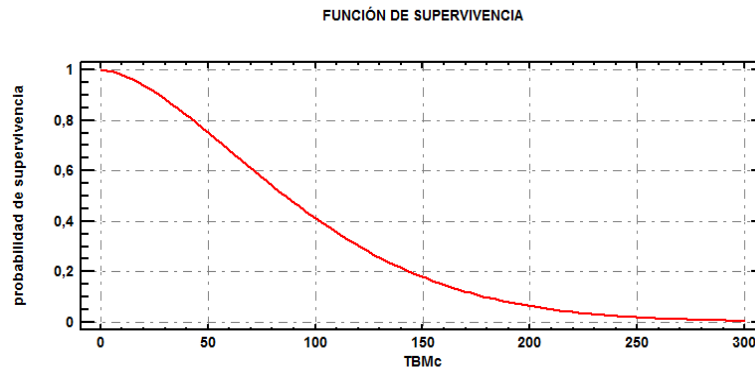


Fuente: Autores.

4.10.4 Análisis de curvas para la confiabilidad en actividades de mantenimiento correctivas.

La función de confiabilidad $R(t)$ se presenta en la figura 11-4, para un MTBMc de 96,3157 la confiabilidad es de 43,4269% siguiendo una distribución de Weibull.

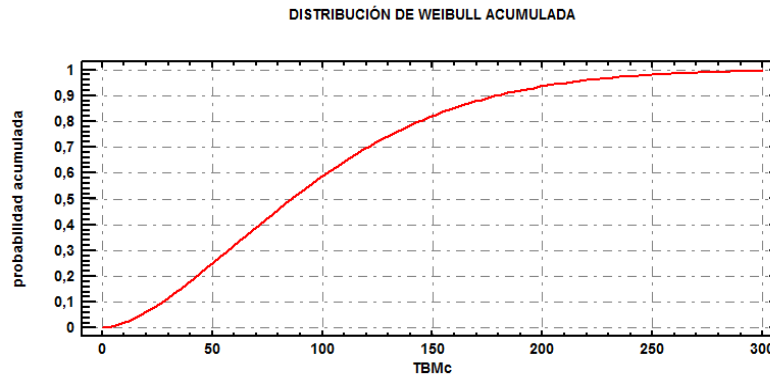
Gráfico 4-8. Función de supervivencia may-16.



Fuente: Autores.

La función de infiabilidad $F(t)$ se presenta en la figura 12-4, donde para un MTBMc de 96,3157 la infiabilidad o probabilidad de falla es de 56,5731%.

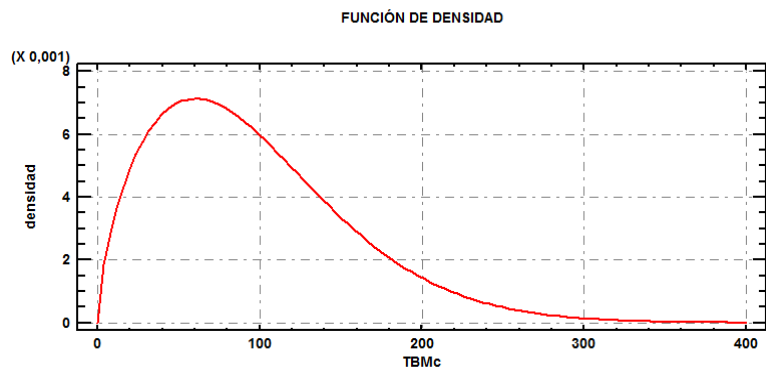
Gráfico 4-9. Función de distribución acumulada may-16.



Fuente: Autores.

La función de densidad se representa en la figura 13-4, donde se observa que crece hasta un valor aproximado de 60h y a partir de aquí empieza a decrecer y también disminuye la aparición de nuevas fallas.

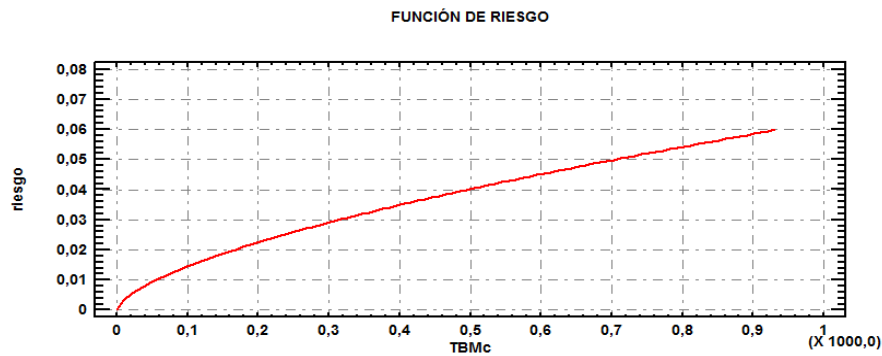
Gráfico 4-10. Función densidad de probabilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de riesgo se representa en la figura 14-4, en donde se puede observar que presenta un crecimiento de la tasa de fallo, aumentando la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Gráfico 4-11. Función de riesgo may-16.

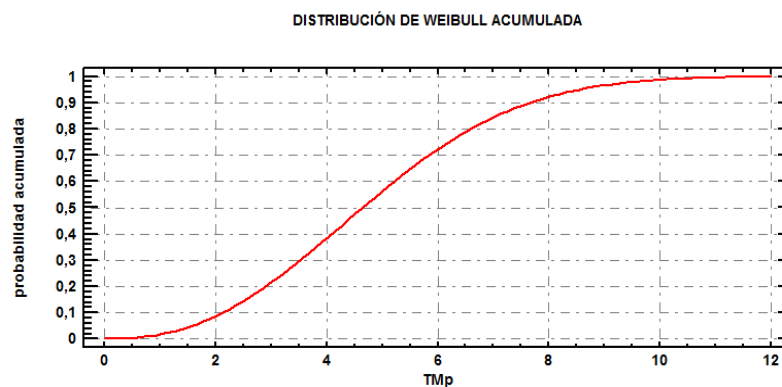


Fuente: Autores.

4.10.5 *Análisis de la mantenibilidad para los tiempos en actividades de mantenimiento programadas.*

La función de mantenibilidad $M(t)$ se representa en la figura 15-4, modelada bajo el modelo de Weibull, para un valor de M_p de 4,79757 resulta una mantenibilidad del 52,6921%, lo que indica que existe un 52,6921% de probabilidad de que las actividades de mantenimiento que se realicen no duren más de 4,79757h.

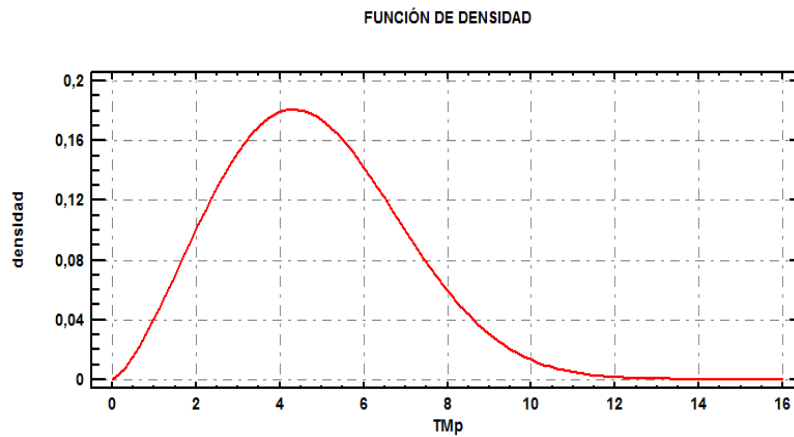
Gráfico 4-12. Función de mantenibilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de densidad se representa en la figura 16-4, donde se puede observar que la función crece hasta el valor del M_p y después empieza a decrecer, lo que indica que el tiempo en realizar actividades programadas de mayor ocurrencia es el de M_p .

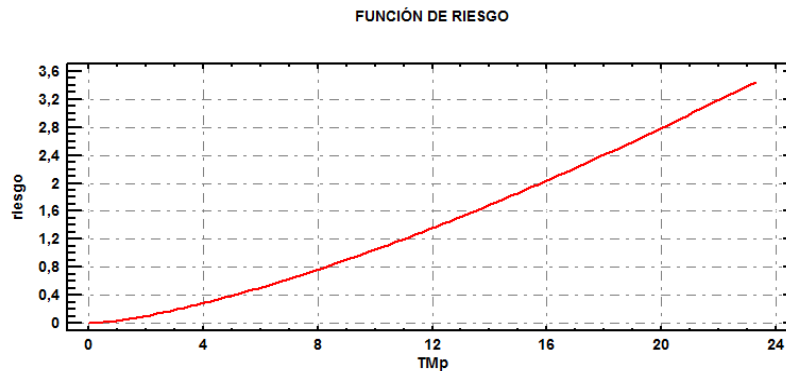
Gráfico 4-13. Función densidad de probabilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de riesgo se representa en la figura 17-4, donde se puede observar un crecimiento de la función de riesgo o la tasa de fallos, lo que indica que la probabilidad segura de que se realice una actividad programada es antes de las 10h.

Gráfico 4-14. Función de riesgo may-16.

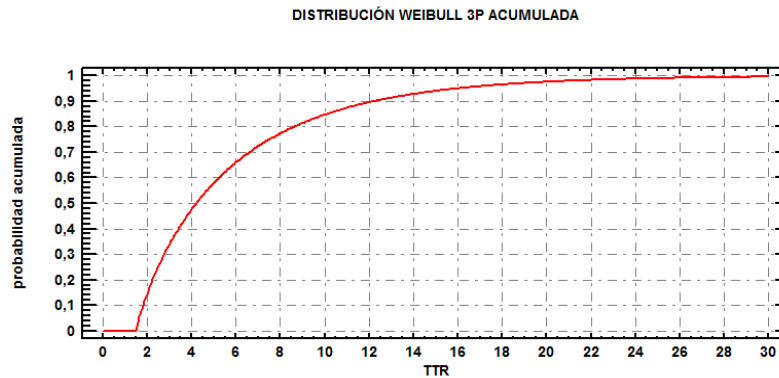


Fuente: Autores.

4.10.6 Análisis de la mantenibilidad para los tiempos en actividades de mantenimiento correctivas.

La función de mantenibilidad $M(t)$ que se representa en la figura, asociadas a los tiempos de reparación en actividades correctivas con un valor de MTTR de 5,8914 nos da como resultado una mantenibilidad del 65,313%, lo que indica que existe un 65,313% de que las actividades correctivas no duren más de 5,9456h.

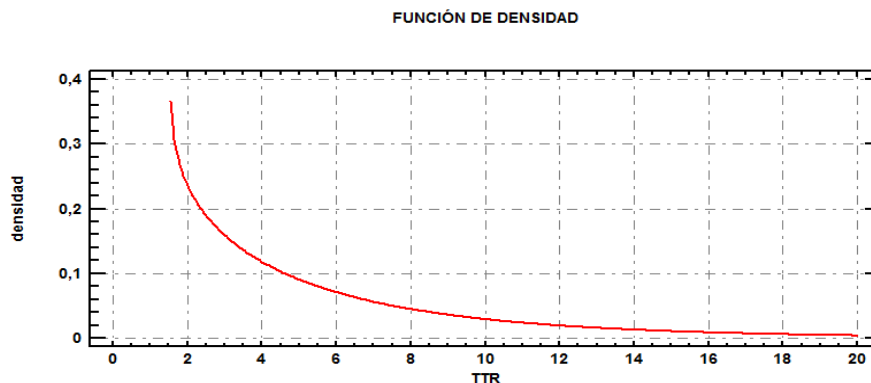
Gráfico 4-15. Función de mantenibilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de densidad de probabilidad se representa en la figura 19-4, donde se puede observar que la función crece hasta un valor aproximado de 3h, siendo un TTR bajo en comparación con el MTTR, lo que lleva a deducir que es el tiempo más empleado en actividades correctivas.

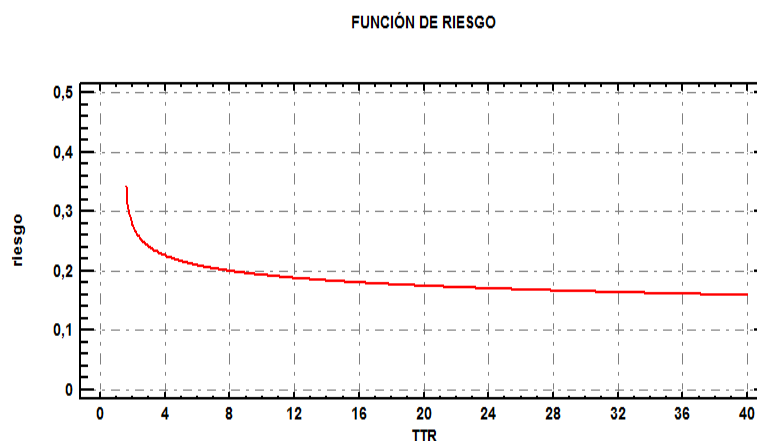
Gráfico 4-16. Función densidad de probabilidad may-16.



Fuente: Autores.

La función de riesgo se representa en la figura 20-4, donde se observa el decrecimiento de la función, esto indica que la tasa de fallos va disminuyendo hasta mantenerse constante, lo que indica la ausencia de nuevas fallas.

Gráfico 4-17. Función de riesgo may-16.



Fuente: Autores.

4.11 Análisis de fallas en la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo.

Para realizar el análisis de las fallas que se producen en la flota de vehículos livianos primero se debe entender el concepto de falla y su determinada clasificación. Una falla se define como la pérdida de funcionalidad de un elemento o un sistema cuando inicia su operación o mientras se encuentra en funcionamiento, las fallas se las puede clasificar de la siguiente manera (Pascual, 2002 pág. 30):

- Fallas catastróficas: se refiere a las fallas repentinas y completas, resulta muy difícil predecir la degradación y por lo tanto no existe acciones preventivas adecuadas.
- Fallas por cambio de parámetros: se refiere al desgaste por la misma utilización, fricción.

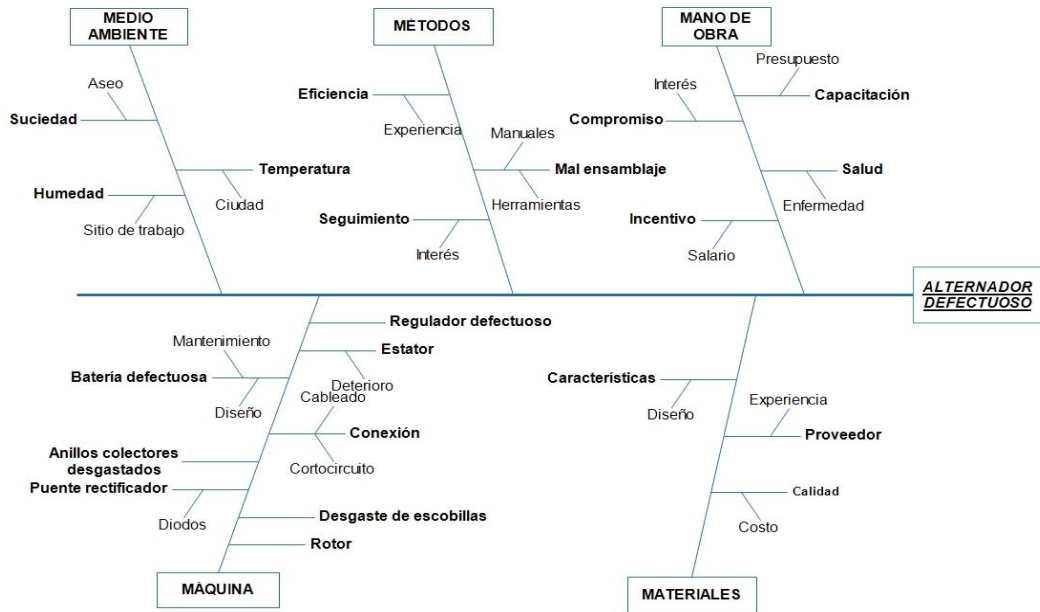
Las fallas que se presentan hacen que un componente se lo considere como reparable y no reparable; un componente reparable es el cual mediante una reparación se recupera rápidamente la funcionalidad del elemento, y se considera componente no reparable cuando no existe reparación una vez ocurrida la falla. En lo que se refiere a la confiabilidad del componente, las misma se reestablece cuando se produce la reparación del elemento (Pascual, 2002 pág. 30).

4.11.1 Análisis mediante el diagrama de causa y efecto.

Una de las herramientas para el estudio de una avería es el diagrama de causa y efecto, donde se puede generar una serie de ideas sobre las posibles causas que pueden llevar a

una determinada consecuencia, primero se procede con una lluvia de ideas que son posibles efectos y luego se procede en la clasificación de estas ideas de acuerdo a **M**edio ambiente, **M**étodos, **M**ano de obra, **M**áquina y **M**ateriales, un modelo de los varios que existen sobre diagramas de causa y efecto se presenta a continuación (RUIZ, y otros, 2009):

Figura 4-12. Diagrama de causa y efecto.



Fuente: Autores.

4.11.2 Análisis de las fallas de la flota de vehículos livianos utilizando el diagrama de Pareto.

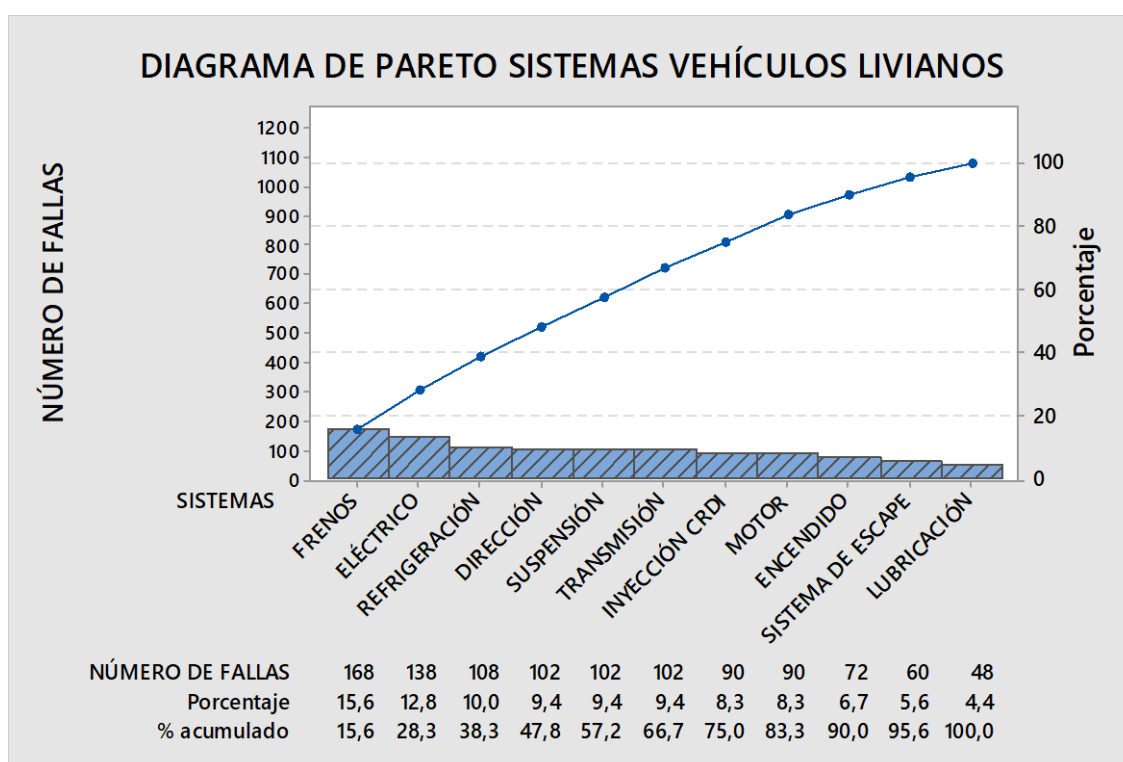
El análisis mediante el diagrama de Pareto se realiza al clasificar las fallas por sistemas de forma ascendente o descendente de acuerdo con las frecuencias lo que permite un plan de mejoramiento teniendo en cuenta las intervenciones realizadas en cada sistema, de acuerdo al número de fallas localizadas permite una orientación sobre a qué sistema se le puede dar prioridad, el modelo del diagrama de Pareto se presenta a continuación (LEVINE, y otros, 2006):

Tabla 4-13. Sistemas y fallas de vehículos livianos.

SISTEMAS	NÚMERO DE FALLAS
FRENOS	168
ELÉCTRICO	138
REFRIGERACIÓN	108
TRANSMISIÓN	102
DIRECCIÓN	102
SUSPENSIÓN	102
MOTOR	90
INYECCIÓN CRDI	90
ENCENDIDO	72
SISTEMA DE ESCAPE	60
LUBRICACIÓN	48

Fuente: Autores.

Gráfico 4-18. Diagrama de Pareto vehículos livianos.



Fuente: Autores.

4.11.3 Análisis de fallas mediante AMFEC.

El AMFE (Análisis de modos de falla y efectos) es una técnica de gran utilidad al momento de analizar las fallas, su aplicación es muy utilizada en el sector automovilístico empezando por Ford y extendiéndose en diferentes campos. Una variante del AMFE es el AMFEC (Análisis de modos de falla, efectos y criticidad) en el cual se añade el factor consecuencia que permite realizar una matriz de criticidad, lo que permite el análisis de modos de falla y efectos según un nivel alto, medio o bajo en criticidad (Bestratén Belloví, 2004).

El análisis AMFEC se lo realiza primeramente partiendo de una clasificación se sistemas, componentes, función, falla funcional, modo de falla y la consecuencia de la misma. Una vez obtenida la clasificación anterior, el siguiente paso es la obtención de los parámetros para el cálculo del índice de prioridad de riesgo que son: Ocurrencia, Detectabilidad y la Consecuencia de las fallas estudiadas (Bestratén Belloví, 2004).

Tabla 4-14. Análisis de modos de fallas y efectos.

<i>Sistema</i>	<i>Componente</i>	<i>Función</i>	<i>Falla Funcional</i>	<i>Modo de falla</i>	<i>Efecto de Falla</i>
Refrigeración	Radiador	Reducir altas temperaturas generadas en el motor.	Las temperaturas son excesivas y no se reducen.	Obstrucción interna	No hay circulación de refrigerante
				Ruptura de panales	Fugas de refrigerante
				Ruptura de reservorios	Fugas de refrigerante
				Daños en los panales	Exceso de temperatura.
	Bomba de agua	Realizar la circulación del líquido refrigerante.	No existe la circulación correcta del refrigerante	Desgaste de mecanismo interno	No hay circulación de refrigerante
				Daños en rodamientos.	Funcionamiento incorrecto
	Termostato	Regular la cantidad de refrigerante que proporciona al radiador	No existe regulación del refrigerante.	Termostato abierto	No alcanza temperatura óptima de trabajo
				Termostato cerrado	Exceso de temperatura
	Electro ventilador	Realizar la impulsión o succión del aire a través de las aspas.	No realiza la impulsión o succión del aire.	Sensores averiados	Falla en el tiempo de activación
				Fusible defectuoso	Activación fallida
Motor averiado				Electro ventilador no funciona	
Transmisión	Caja de cambios	Realizar la reducción de las revoluciones del motor según el par indicado.	La caja de cambios no reduce las revoluciones del motor para el par indicado.	Holgura entre engranajes	Superficie de contacto incorrecta
				Desgaste en los cojinetes	Ruidos excesivos
				Daño en varillaje de mando	Selección de cambios defectuoso
				Desgaste de elementos por falta de lubricación	Daños en componentes internos
				Sincronizador desgastado	Cambios no ingresan adecuadamente
				Carcasa defectuosa	Fugas de lubricante
	Embrague	Interrumpir o transmitir la potencia del motor hacia la caja de cambios.	La potencia del motor no es transmitida a la caja de cambios	Varillas defectuosas	Poca posibilidad de acoplamiento
				Desgaste del disco	Funcionamiento defectuoso
				Disco sucio	Poca adherencia
				Conjunto de presión desgastado	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Suciedad en el disco	Poca adherencia
				Plato presión deforme	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Material de fricción sucio	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Mecanismo desajustado	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Disco deforme	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Pedal defectuoso	Ingreso de cambios demasiado rígido

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

				Selector defectuoso	Ingreso de cambios demasiado rígido
				Kit defectuoso	Ingreso de cambios demasiado rígido
	Árbol de transmisión	Transmitir el movimiento de la caja de cambios al mecanismo diferencial	El movimiento no es transmitido al mecanismo diferencial	Crucetas desgastadas	Presencia de ruidos
				Eje sin alineación	Desgaste del árbol de transmisión
				Cojinete central defectuoso	Presencia de ruidos
				Mal ajuste en sistema transmisión	Transmisión de movimiento incorrecto
	Diferencial	Transmitir el movimiento del árbol de transmisión a los ejes de las ruedas	El movimiento no se transmite a los ejes de las ruedas	Desgaste de piñón corona	Transmisión de movimiento incorrecto
				Cojinete desgastado	Presencia de ruidos
		Permitir que las ruedas giren a velocidades diferentes	Las ruedas no giran a distintas velocidades	Mecanismo trabado	Transmisión de movimiento incorrecto
				Desgaste en mecanismo autoblocante	Transmisión de movimiento incorrecto
Frenos.	Discos	Disipar el calor generado en el frenado y ser resistentes a ralladuras.	No disipar el calor y no presentar propiedades adecuadas.	Presencia de ranuras	Presencia de ruidos
				Desgaste de material	Poca eficiencia de frenado
				Disco alabeado	Poca eficiencia de frenado
	Pastillas	Producir la fricción adecuada contra el disco	No producir la fricción necesaria	Desgaste del forro	Poca eficiencia de frenado
				Presencia de suciedad	Poca eficiencia de frenado
				Pastilla incorrecta	Poca eficiencia de frenado
				Lámina de ruido defectuosa	Presencia de ruidos
	Caliper	Soportar adecuadamente a los cilindros y pastillas	Fijación incorrecta de cilindros y pastillas	Pistón obstruido	Poca eficiencia de frenado
				Retenedores defectuosos	Fugas de líquido de frenos
				Pistones defectuosos	Poca eficiencia de frenado
	Tambores	Disipar la mayor cantidad de calor generado en el frenado	El calor no es evacuado correctamente	Presencia de ranuras	Desgaste del material de fricción
				Falla en su geometría	Presencia de ruidos
Agrietamiento.				Poca eficiencia de frenado	
Cristalización				Poca eficiencia de frenado	
Zapatatas	Realizar el frenado por fricción.	No proporciona la fricción suficiente	Desgaste del forro	Poca superficie de contacto	
			Suciedad	Poca superficie de contacto	

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Líquido de freno	Hacer posible la transmisión de fuerza desde el pedal hasta los frenos.	No ejercer la fuerza adecuada	Líquido incorrecto	Poca eficiencia de frenado
	Cilindro maestro	Convierte la fuerza del pedal de freno en presión hidráulica.	Incapacidad de producir presión hidráulica	Retenedores defectuosos Embolo defectuoso	Fuga de líquido de frenos Poca eficiencia de frenado
	Servofreno	Minimizar la fuerza en el pedal de freno.	Demasiada fuerza necesaria al pisar el pedal de freno.	Mecanismo defectuoso	Esfuerzo excesivo al accionar el freno
	Freno de estacionamiento	Inmovilizar los frenos de forma permanente.	Incapacidad de inmovilizar los frenos.	Mecanismo defectuoso	Vehículo no permanece inmóvil
	Sensor de ruedas	Sensar velocidad instantánea de las ruedas	Incapacidad de sensar velocidad de las ruedas	Deterioro físico Unidad de inducción defectuoso	Pérdida de funcionalidad Lecturas incorrectas
	Unidad hidráulica	Controlar la presión destinada para cada rueda	Presión insuficiente hacia las ruedas	Electroválvulas defectuosas	Poca eficiencia de frenado
Motor eléctrico averiado				Poca eficiencia de frenado	
Bomba hidráulica defectuosa				Poca eficiencia de frenado	
Acumulador defectuoso				Poca eficiencia de frenado	
Dirección	Caja de dirección	Direccionar las ruedas del vehículo según disposición del conductor	La dirección establecida por el conductor no es dirigida correctamente	Soporte defectuoso	Dirección de ruedas incorrecto
				Tuercas flojas	Dirección de ruedas incorrecto
				Acoplamiento interno defectuoso	Dirección de ruedas incorrecto
	Ruedas	Permitir el desplazamiento correcto del vehículo.	El vehículo presenta dificultades en su movimiento	Incorrecta alienación	Desgaste de neumático
				Reglaje incorrecto del par de giro	Dirección de ruedas incorrecto
				Desequilibrio	Esfuerzo máximo en componentes
				Presión incorrecta	Dirección de ruedas incorrecto
				Rodamientos defectuosos	Presencia de ruidos
				Deformación de mangueta	Esfuerzo máximo en componentes
	Brazos de acople	Transmitir el movimiento directo a la mangueta.	El movimiento es interrumpido y no llega a la mangueta	Apriete defectuoso	Vibración excesiva
				Articulación floja	Vibración excesiva
				Cabezas de articulación flojas	Vibración excesiva
	Brazo oscilante	Transmitir el movimiento al brazo de acoplamiento	El movimiento no llega al brazo de acoplamiento	Excesivo juego con la mangueta	Esfuerzo máximo en componentes

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Brazo oscilante	Transmitir el movimiento al brazo de acoplamiento	El movimiento no llega al brazo de acoplamiento	Excesivo juego con la mangueta	Esfuerzo máximo en componentes
				Incorrecta regulación	Esfuerzo máximo en componentes
				Articulaciones rígidas	Desgaste de componentes
				Deformación	Desgaste de componentes
	Amortiguadores	Absorber vibraciones de la calzada	Demasiada vibración ante baches	Funcionamiento defectuoso	Suspensión inestable
	Bomba	Enviar aceite hidráulico presurizado al sistema	Presión insuficiente en el sistema	Junta de eje defectuosa	Fugas de líquido hidráulico
				Correa floja	Pérdida de funcionalidad
				Desgaste interno	Pérdida de funcionalidad
	Conjunto cremallera	Convertir movimiento de rotación en movimiento rectilíneo	Demasiados ruidos en el conjunto piñón cremallera	Racores deteriorados	Desgaste del conjunto
				Piñón cremallera desgastado	Desgaste del conjunto
				Rótulas desgastadas	Desgaste del conjunto
				Retenedores defectuosos	Fugas de líquido hidráulico
	Depósito	Almacenar el aceite hidráulico al sistema	Fugas de aceite	Demasiado lleno	Desgaste del depósito de almacenamiento
	Sistema hidráulico	Reducir la fuerza ejercida en el volante por parte del conductor	Demasiada fuerza al accionar la dirección	Regulador de salida bloqueado	
				Racores flojos	Fugas de líquido hidráulico
				Aceite insuficiente	Pérdida de funcionalidad
				Presencia de aire	Pérdida de funcionalidad
	Columna de dirección	Transmitir el movimiento del volante al cajetín de dirección	Ruidos excesivos en los brazos de la columna	Tuberías obstruidas	Pérdida de funcionalidad
				Crucetas defectuosas	Presencia de ruidos
				Falta de lubricación	Desgaste de componentes
Deformación				Desgaste de componentes	
Rótulas	Unir varios componentes	Golpeteo en la unión	Fijación defectuosa	Vibración excesiva	
Barra de torsión	Reducir el movimiento del chasis en los giros	Demasiada vibración al momento de realizar los giros	Desgaste por vida útil	Poca fijación de componentes	
			Deformación	Vibración excesiva	
Suspensión	Ruedas	Permitir el desplazamiento correcto del vehículo.	Desplazamiento inadecuado del vehículo	Ruptura	Pérdida de funcionalidad
				Neumático descentrado	Desgaste de componentes
				Ruedas desequilibradas	Desgaste de componentes
				Deformación	Desgaste de componentes
				Grietas en neumáticos	Desgaste de componentes
				Presión defectuosa de neumáticos	Desgaste de componentes
				Inclinación incorrecta	Desgaste de componentes
Convergencia incorrecta	Desgaste de componentes				

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

				Cojinetes defectuosos	Presencia de ruidos
				Deformación de mangueta	Desgaste de componentes
				Falta de lubricación de mangueta	Desgaste de componentes
	Muelles	Permitir una gran elasticidad con un espacio reducido	Elasticidad de los muelles inadecuada	Muelles debilitados	Inestabilidad
	Barra estabilizadora	Permitir que ambas ruedas de un mismo eje compartan el movimiento vertical	Demasiada inclinación de la carrocería en curvas.	Barra defectuosa	Inestabilidad
				Falta de apriete en uniones	Vibración excesiva
	Amortiguadores	Controlar el movimiento de la suspensión, muelles o resortes.	Defectos en calzada irregular	Falla por cumplir vida útil	Inestabilidad en sistema
				Defectos internos	Inestabilidad en sistema
	Brazos oscilantes	Elemento que sirve de unión de la rueda a la carrocería	Vibración excesiva en los brazos oscilantes	Deformación	Desgaste de componentes
				Casquillos desgastados	Desgaste de componentes
				Articulación desgastada	Desgaste de componentes
	Tirantes de dirección	Elemento de unión entre las ruedas y caja de dirección	No existe un acoplamiento correcto.	Juego excesivo	Vibración excesiva
	Ballesta	Soportar el peso del vehículo y mantener los neumáticos al suelo	Vehículo inestable al pasar por calzada deforme	Ruptura de hojas	Inestabilidad del sistema
				Ruptura de bridas de unión	Inestabilidad de sistema
Motor	Cigüeñal	Transformar el movimiento rectilíneo en movimiento circular	Demasiado juego en el momento de la conversión de movimientos	Juego excesivo entre cojinete y muñequilla	Desgaste de componentes
				Juego axial excesivo	Desgaste de componentes
				Muñequillas ovaladas	Desgaste de componentes
				Tornillos de fijación del volante flojos	Desgaste de componentes
				Aceite diluido o sin presión	Desgaste de componentes
	Bielas	Transmite la presión de los gases que actúa en el pistón al cigüeñal	Deficiencia del material en el momento de transmisión de presión	Tornillos flojos de fijación	Vibración
				Juego excesivo entre cojinetes de biela y muñequillas de cigüeñal	Desgaste de componentes
				Paralelismo insuficiente	Desgaste de componentes
				Problema de lubricación	Desgaste de componentes
	Cámara de combustión	Permitir que se realice la combustión	Suciedad en el espacio que compete a la cámara de combustión	Incrustaciones en el interior	Combustión ineficiente

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Combustible	Realizar la combustión con el comburente.	Combustible incorrecto para el proceso de combustión	Bajo nivel de octanaje Composición defectuosa	Combustión ineficiente Combustión ineficiente	
	Distribución	Regula la entrada y salida de fluidos en el cilindro	Apertura incorrecta de válvulas en la entrada y salida de fluidos	Desfase en el tiempo Desgaste de componentes	Encendido ineficiente Pérdida de funcionalidad	
	Pistones	Constituir la pared móvil de la cámara de combustión transmitiendo la energía de los gases al cigüeñal	Pistón defectuoso para cumplir su función	Desgaste	Pérdida de funcionalidad	
				Juego excesivo entre pistón y cilindro	Combustión ineficiente	
				Juego excesivo entre bulón y masa de pistón	Pérdida de funcionalidad	
				Segmentos desgastados	Pérdida de funcionalidad	
	Válvulas	Abrir o cerrar los conductos de admisión o escape	Falla en la apertura de los conductos de admisión o escape	Lubricación insuficiente	Desgaste de componentes	
				Juego excesivo entre empujador y asiento en el bloque	Vibración excesiva, desgaste de componentes	
				Juego excesivo entre válvula y balancín	Desgaste de componentes	
				Rotura muelle de válvula	Pérdida de funcionalidad	
				Juego excesivo entre balancín y eje	Pérdida de funcionalidad	
	Junta de la culata	Sellar los cilindros para asegurar la máxima compresión	Defectos en la junta y fuga de compresión	Juego excesivo entre válvula y guía	Pérdida de funcionalidad	
				Líquido de refrigeración ingresa en la cámara	Pérdida de funcionalidad	
				Gases de combustión penetran sistema de refrigeración	Pérdida de funcionalidad	
				Aceite penetra en circuito de refrigeración	Pérdida de funcionalidad	
	Lubricación	Conductos	Permitir la circulación del aceite	Mezcla del líquido refrigerante con aceite	Pérdida de funcionalidad	
				Demasiada suciedad al momento de circular el aceite	Suciedad	
				Válvula de descarga	Controlar la presión del aceite que circula	Válvula defectuosa y se genera presión excesiva
		Filtro	Retener impurezas atrapadas en el aceite	Filtro demasiado obstruido	Suciedad	Lubricación ineficiente

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Lubricante	Lubricar las partes metálicas del motor	Propiedades del aceite incorrecto	Viscosidad incorrecta	Lubricación ineficiente
				Falta de lubricante	Lubricación ineficiente
				Deterioro de sus propiedades	Lubricación ineficiente
	Bomba de lubricación	Poner en circulación el aceite	Bomba defectuosa en la circulación del aceite	Colador obstruido	Lubricación ineficiente
				Juego excesivo en elementos internos	Lubricación ineficiente
Eléctrico	Alternador	Generar energía eléctrica a partir de energía mecánica	Alternador defectuoso no genera energía eléctrica	Cortocircuito en diodos	Generación de energía eléctrica ineficiente
				Regulador defectuoso	
				Desgaste de escobillas	
				Capa de óxido en anillos	
				Interrupción en devanado de excitación	
				Cortocircuito en devanado de rotor	
				Estator defectuoso	
	Motor de arranque	Facilitar el encendido en los motores de combustión interna	Motor de arranque defectuoso en el momento de iniciar el encendido	Escobillas desgastadas, rotas o sucias	Dificultades o imposibilidad de generar el encendido
				Presión insuficiente de muelles de las escobillas	
				Relé averiado	
				Interruptor averiado	
				Colector sucio	
				Instalación defectuosa	
Arrollamiento del inducido o inductor en corto circuito					
Cojinetes desgastados					
Piñón defectuoso					
Horquilla defectuosa					
Montaje deficiente					
Muelle de recuperación defectuoso					
Alumbrado	Proveer iluminación al conductor para hacer funcionar el automóvil con seguridad	Baja iluminación en el automóvil	Lámpara fundida	Deficiencia en la iluminación del vehículo	
			Cable de alimentación cortado		
			Cable de masa defectuoso		
			Fusible fundido		
			Interruptor defectuoso		

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

				Mando de luces defectuoso	
				Cortocircuito en el sistema	
				Bornes de batería defectuosos	
Inyección CRDI	Tanque de combustible	Almacenar el combustible	Fugas de combustible en el depósito	Rotura	Fugas de combustible
	Pre filtro	Retener impurezas	Demasiadas impurezas en el filtro	Geometría incorrecta	Almacenaje inadecuado
	Bomba de baja presión	Suministrar parte de combustible al sistema de alta presión	Cantidad de combustible incorrecto suministrado	Suciedad	Combustible con suciedad
	Filtro de combustible	Retener toda clase de impurezas atrapadas en el combustible	Filtro obstruido incapaz de retener impurezas	Muelles desgastados	Falta de combustible
				Desgaste de componentes	
	Conductos de baja presión	Permitir la circulación del combustible	Impedimento de circulación de combustible	Suciedad	Combustible con impurezas
	Bomba de alta presión			Desgaste de elemento filtrante	
		Poner combustible presurizado a diferentes condiciones de servicio	Falta de presión en el combustible	Suciedad	Poca circulación
	Conductos de alta presión	Permitir la circulación del combustible presurizado	Poca circulación del combustible	Obturación	Poca circulación
	Riel de inyectores	Almacenar combustible presurizado para los inyectores	Fugas de presión en el riel	Regulación incorrecta	Poca generación de combustible presurizado
	Inyector	Abrir o cerrar sus conductos reaccionando correctamente al pulso que los acciona	Inyector no abre o no cierra el instante de inyectar combustible	Desgaste de elementos internos	Poca generación de combustible presurizado
				Obstrucción	
				Suciedad	
				Mala conexión eléctrica	
Conductos de retorno	Permitir circulación de combustible de retorno	Conductos obstruidos que impiden el retorno	Suciedad	Poca circulación de combustible	
Ecu	Controlar varios aspectos relacionados con el funcionamiento de motor	Administración incorrecta de parámetros de motor	Obturación	Poca circulación de combustible	
			Sobrecarga de voltaje	Inestabilidad en el funcionamiento del motor	
			Agua en el interior		
			Deterioro		
			Sobrecalentamiento		

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

Sensor CKP	Registra la velocidad del motor y la posición del cigüeñal	Lectura incorrecta del sensor CKP	Deterioro físico	Parámetros de ECU incorrecto
			Alimentación defectuosa	
			Resistencia incorrecta	
			Contacto a masa defectuoso	
Sensor CMP	Enviar señales al módulo de control para sincronizar la activación de inyectores	Señales incorrectas del sensor	Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
			Deterioro físico	
			Resistencia inadecuada	
			Voltaje incorrecto	
Sensor APP	Informar al módulo de control la posición del pedal de acelerador	Señal incorrecta del sensor	Arnés y conector averiado	Avería en el acelerador electrónico
			Señal incorrecta	
Sensor de presión de riel	Proporcionar lectura de presión de combustible en el riel para ajustar la bomba	Sensor defectuoso da lecturas incorrectas de presión	Circuito defectuoso	Ineficiencia a la función del regulador
			Señal incorrecta	
			Señal incorrecta	
Sensor ECT	Medir la temperatura del refrigerante del motor	Lectura incorrecta de temperatura de refrigerante	Voltaje incorrecto	Parámetros de temperatura erróneos
			Resistencia incorrecta	
			Cortocircuito	
			Circuito abierto	
Sensor de temperatura combustible	Proporcionar lectura de temperatura de combustible al módulo de control.	Lectura incorrecta de la temperatura de combustible	Señal incorrecta	Variación de acciones con respecto a la temperatura de combustible
			Voltaje incorrecto	
			Resistencia incorrecta	
Sensor MAF	Medir el volumen de aire que ingresa al motor	Lectura incorrecta del sensor	Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
			Resistencia incorrecta	
			Voltaje incorrecto	
Sensor MAP	Medir la presión del aire que ingresa al múltiple de admisión	Lectura incorrecta de la presión de aire	Resistencia incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
			Voltaje incorrecto	
			Señal incorrecta	
Regulador de presión	Controlar la presión del combustible	Combustible de encuentra con presión variada	Resorte defectuoso	Parámetros de ECU incorrecto
Regulador de caudal	Ajustar el caudal necesario	Caudal incorrecto.	Membrana defectuosa	
			Resistencia incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
Electroválvula EGR	Recircular parte de los gases de escape a la admisión	Electroválvula defectuosa no permite la recirculación	Mecanismo defectuoso	
			Circuito eléctrico averiado	Parámetros de ECU incorrecto
Presencia de impurezas				

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Relé de control de pre calentadores	Control de corriente a los pre calentadores	Relé defectuoso con control incorrecto de pre calentadores	Circuito abierto Cortocircuito Alimentación de relé Voltaje incorrecto al pre calentador	Parámetros de ECU incorrecto
Encendido COP	Bobinas cop	Proporcionar alto voltaje a las bujías de encendido	Voltaje incorrecto a las bujías de encendido	Alimentación incorrecta Resistencia de los devanados incorrecta Aislamiento a masa incorrecto	Ineficiencia en el encendido
	Módulo de encendido	Recibir señales para interrumpir la corriente a la bobina	Módulo defectuoso no proporciona la interrupción de la corriente	Alimentación incorrecta Señales de mando incorrectas	Ineficiencia en el encendido
	Bujías	Proporcionar la chispa para el encendido	Chispa ineficiente con bujías defectuosas	Material de electrodos defectuoso Bujía incorrecta	Ineficiencia en el encendido
	Sensor CKP	Registra la velocidad del motor y la posición del cigüeñal	Lectura incorrecta del sensor CKP	Deterioro físico Alimentación defectuosa Resistencia incorrecta Contacto a masa defectuoso Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
	Sensor CMP	Enviar señales al módulo de control para sincronizar la activación de inyectores	Señales incorrectas del sensor	Deterioro físico Resistencia inadecuada Voltaje incorrecto Arnés y conector averiado Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
Encendido DIS	Bobina DIS	Proporcionar alto voltaje a las bujías de encendido	Voltaje incorrecto proporciona una bobina defectuosa	Resistencia del primario incorrecta Resistencia del secundario incorrecta	Ineficiencia en el encendido
	Módulo de encendido	Recibir señales para interrumpir la corriente a la bobina	Módulo defectuoso no proporciona la interrupción de la corriente	Alimentación incorrecta Señales de mando incorrectas	Ineficiencia en el encendido
	Sensor CKP	Registra la velocidad del motor y la posición del cigüeñal	Lectura incorrecta del sensor CKP	Deterioro físico Alimentación defectuosa Resistencia incorrecta Contacto a masa defectuoso	Parámetros de ECU incorrecto

Tabla 4-14 (Continuación). Análisis de modos de fallas y efectos.

	Sensor CMP	Enviar señales al módulo de control para sincronizar la activación de inyectores	Señales incorrectas del sensor	Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
				Deterioro físico	
				Resistencia inadecuada	
				Voltaje incorrecto	
				Arnés y conector averiado	
	Sensor MAP	Medir la presión del aire que ingresa al múltiple de admisión	Lectura incorrecta de la presión de aire	Resistencia incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
				Voltaje incorrecto	
				Señal incorrecta	
	Sensor MAF	Medir el volumen de aire que ingresa al motor	Lectura incorrecta del sensor	Señal incorrecta	Parámetros de ECU incorrecto
				Resistencia incorrecta	
				Voltaje incorrecto	
	Sensor TPS	Proporcionar información al módulo de control sobre la posición de la mariposa	Lectura incorrecta del sensor	Voltaje mínimo incorrecto	Parámetros de ECU incorrecto
Voltaje máximo incorrecto					
Sistema de escape	Múltiple de escape	Recoger los gases de escape de los cilindros y reunirlos.	Fugas de gases por defectos del múltiple de escape	Rotura	Fugas de gases de escape
	Sensores de oxígeno	Monitorear la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape	Lectura incorrecta del sensor	Señal incorrecta.	Parámetros de ECU incorrecto
				Contaminación	
				Cableado roto	
				Soldadura en cableado	
	Convertidor catalítico	Controlar y reducir los gases de escape nocivos expulsados por el motor	Demasiados gases nocivos presentes en el escape	Sobrecalentamiento por combustible quemado	Gases nocivos provenientes del escape
				Obstrucción de las celdas	
Rotura por golpes					
Silenciador	Disminuir ruidos en el escape	Ruidos excesivos en el escape	Rotura	Presencia de ruidos	
Colas de escape	Permitir la salida de los gases de escape	Fugas de los gases por colas defectuosas	Desgaste interno	Fugas de gases de escape	
			Rotura		
Filtro de partículas	Eliminar partículas de hollín presentes en los gases de escape en motores diésel	Filtro defectuoso no elimina las partículas de hollín	Desgaste de material	Presencia de hollín en gases de escape	
			Saturación		
			Obstrucción por partículas atrapadas		
				Deterioro físico	

Fuente: (GIL MARTÍNEZ, 2010 págs. 20-350).

El índice de Prioridad de Riesgo (IPR) es el resultado de la multiplicación de los tres factores necesarios para el estudio AMFEC: Ocurrencia, Detectabilidad y Consecuencia. Los valores de estos tres factores son establecidos por el responsable del estudio de las fallas que pueden ser de sistemas, procesos o equipos. El índice de Prioridad de Riesgo es un valor que ayuda a realizar acciones de mejora en los equipos, toda acción debe basarse en la reducción de dicho valor para mantener una situación controlada (TAMARIZ SILVA, 2012).

La criticidad de los elementos representa la forma en que una falla presentada puede afectar tanto a la producción como a otros factores como el medio ambiente, para determinar su valor se procede a clasificarla por niveles pudiendo ser: alto, medio y bajo. La ocurrencia de fallas es detallada en los registros de mantenimiento y la detectabilidad se la puede determinar con la experiencia de los técnicos que realizan las actividades correctivas, el producto de la ocurrencia y la detectabilidad nos da la frecuencia de las fallas. Por último, se debe establecer los valores de la consecuencia de las fallas teniendo en cuenta diversos factores los cuales son (BUENAÑO MOYANO, 2016):

- Seguridad y Salud Ocupacional.
- Medio Ambiente.
- Costos de mantenimiento.
- Impacto a la producción.
- Tiempo de reparación.

A continuación, se presenta los sistemas anteriormente analizados con la evaluación del índice de Prioridad de Riesgo y la clasificación correspondiente según un valor de criticidad establecido. Mediante los valores de criticidad se puede establecer ciertas actividades que ayudan a controlar las fallas con una criticidad alta y con una frecuencia analizando el plan de mantenimiento propuesto.

Tabla 4-15. Cálculo del IPR y factor de criticidad.

Sistema	Componente	Modo de falla	Ocurrencia	Detectabilidad	Consecuencia					IPR	Categoría
					SO	MA	CM	IP	TTR		
Refrigeración	Radiador	Obstrucción interna	3	2	1	3	1	3	1	48	BAJO
		Ruptura de panales	3	2	3	3	2	3	3	84	MEDIO
		Ruptura de reservorios	4	2	3	3	2	3	2	104	MEDIO
		Daños en los panales	3	2	3	2	3	3	2	78	BAJO
	Bomba de agua	Desgaste de mecanismo interno	3	3	2	2	1	4	2	99	MEDIO
		Daños en rodamientos.	5	3	2	2	1	2	2	135	MEDIO
	Termostato	Termostato abierto	4	3	5	3	1	3	2	168	MEDIO
		Termostato cerrado	4	3	5	3	1	3	2	168	MEDIO
	Electro ventilador	Sensores averiados	5	4	3	2	1	3	2	220	MEDIO
		Fusible defectuoso	5	3	3	2	1	2	1	135	MEDIO
Motor averiado		4	4	2	2	1	2	1	112	MEDIO	
Transmisión	Caja de cambios	Holgura entre engranajes	3	3	3	3	2	2	3	117	MEDIO
		Desgaste en los cojinetes	4	3	3	2	1	3	3	144	MEDIO
		Daño en varillaje de mando	4	3	1	1	1	1	3	84	MEDIO
		Desgaste de elementos por falta de lubricación	1	4	1	1	2	4	3	44	BAJO
		Sincronizador desgastado	3	4	2	1	2	2	3	120	MEDIO
		Carcasa defectuosa	2	2	2	1	2	2	3	40	BAJO
	Embrague	Varillas defectuosas	3	2	2	1	2	3	2	60	BAJO
		Desgaste del disco	3	3	3	2	2	3	3	117	MEDIO
		Disco sucio	4	4	2	2	1	2	2	144	MEDIO
		Conjunto de presión desgastado	3	4	2	2	2	3	3	144	MEDIO
		Suciedad en el sistema	1	2	4	3	2	1	3	26	BAJO
		Plato presión deforme	3	3	2	2	2	3	3	108	MEDIO
		Material de fricción defectuoso	2	3	2	2	1	3	2	60	BAJO
		Mecanismo desajustado	3	3	2	2	2	3	2	99	MEDIO
		Disco deforme	3	3	1	2	2	3	3	99	MEDIO
		Pedal defectuoso	2	2	1	1	2	3	3	40	BAJO
		Selector defectuoso	2	2	1	1	3	3	2	40	BAJO
		Kit defectuoso	3	3	3	3	2	3	2	117	MEDIO

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

	Árbol de transmisión	Crucetas desgastadas	3	3	2	2	2	3	3	108	MEDIO
		Eje sin alineación	1	2	3	2	2	3	2	24	BAJO
		Cojinete central defectuoso	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Mal ajuste en sistema transmisión	4	3	2	1	3	4	4	168	MEDIO
	Diferencial	Desgaste de piñón corona	3	4	3	2	4	4	4	204	MEDIO
		Cojinete desgastado	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Satélites y planetarios defectuosos	3	4	3	2	4	4	4	204	MEDIO
		Mecanismo trabado	3	3	3	2	3	3	3	126	MEDIO
		Desgaste en mecanismo autoblocante	3	4	3	2	3	3	3	168	MEDIO
		Mecanismo autoajustable bloqueado	3	4	3	2	4	3	3	180	MEDIO
	Frenos.	Discos	Presencia de ranuras	4	3	2	2	2	3	2	132
Desgaste de material			3	3	2	2	2	3	2	99	MEDIO
Disco alabeado			4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
Pastillas		Desgaste del forro	5	3	2	3	1	2	2	150	MEDIO
		Presencia de suciedad	5	2	2	2	1	2	1	80	MEDIO
		Pastilla incorrecta	1	2	2	2	1	2	1	16	BAJO
		Lámina de ruido defectuosa	2	2	2	2	1	2	1	32	BAJO
Caliper		Pistón obstruido	3	3	2	2	1	2	1	72	BAJO
		Retenedores defectuosos	2	3	2	2	1	2	1	48	BAJO
		Pistones defectuosos	4	2	1	1	2	2	1	56	BAJO
Tambores		Presencia de ranuras	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Falla en su geometría	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Agrietamiento.	4	4	3	3	2	3	2	208	MEDIO
		Cristalización	4	3	3	3	2	3	2	156	MEDIO
Zapatas		Desgaste del forro	4	3	3	3	2	3	2	156	MEDIO
		Suciedad	5	3	3	3	1	3	2	180	MEDIO
Líquido de freno		Líquido en deterioro	4	2	3	4	1	4	1	104	MEDIO
Cilindro maestro		Retenedores defectuosos	2	3	2	2	1	2	1	48	BAJO
	Embolo defectuoso	4	3	3	2	2	4	2	156	MEDIO	

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

	Servofreno	Mecanismo defectuoso	3	4	4	3	3	4	3	204	MEDIO
	Freno de estacionamiento	Mecanismo defectuoso	4	4	4	2	3	4	3	272	ALTO
	Sensor de ruedas	Deterioro físico	5	3	2	3	3	4	3	225	ALTO
		Unidad de inducción defectuoso	5	4	2	3	3	4	3	300	ALTO
	Unidad hidráulica	Electroválvulas defectuosas	4	5	3	3	3	4	4	340	ALTO
		Motor eléctrico averiado	4	5	2	3	3	4	4	320	ALTO
		Bomba hidráulica defectuosa	4	5	2	3	3	4	4	320	ALTO
		Acumulador defectuoso	3	5	2	3	3	4	4	240	ALTO
Dirección	Caja de dirección	Soporte defectuoso	2	3	2	2	1	3	2	60	BAJO
		Tuercas flojas	5	2	2	2	1	3	2	100	MEDIO
		Acoplamiento interno defectuoso	4	5	2	2	3	4	4	300	ALTO
	Ruedas	Incorrecta alienación	5	2	2	2	1	3	2	100	MEDIO
		Reglaje incorrecto del par de giro	5	3	2	2	1	3	2	150	MEDIO
		Desequilibrio	5	2	2	2	1	3	2	100	MEDIO
		Presión incorrecta	5	2	2	2	1	3	2	100	MEDIO
		Rodamientos defectuosos	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Deformación de mangueta	2	2	2	1	1	2	2	32	BAJO
	Brazos de acople	Apriete defectuoso	5	3	2	2	1	3	2	150	MEDIO
		Articulación floja	5	3	2	2	1	3	2	150	MEDIO
		Cabezas de articulación flojas	5	3	2	2	1	3	2	150	MEDIO
	Brazo oscilante	Excesivo juego con la mangueta	4	2	1	1	1	2	2	56	BAJO
		Incorrecta regulación	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
		Articulaciones rígidas	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
		Deformación	2	3	3	2	1	3	2	66	BAJO

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

	Amortiguadores	Funcionamiento defectuoso	5	3	3	3	2	3	3	210	MEDIO
	Bomba	Junta de eje defectuosa	3	4	3	3	2	3	3	168	MEDIO
		Correa floja	2	2	2	2	1	2	2	36	BAJO
		Desgaste interno	4	4	2	2	1	2	2	144	MEDIO
	Conjunto cremallera	Racores deteriorados	3	4	3	2	2	4	3	168	MEDIO
		Piñón cremallera desgastado	2	4	3	3	3	4	3	128	MEDIO
		Rótulas desgastadas	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Retenedores defectuosos	2	3	2	2	1	2	1	48	BAJO
	Depósito	Deterioro físico	2	2	2	3	1	2	1	36	BAJO
		Regulador de salida bloqueado	2	2	2	3	1	2	1	36	BAJO
	Sistema hidráulico	Racores flojos	3	4	3	2	2	4	3	168	MEDIO
		Aceite insuficiente	5	1	1	2	1	2	1	35	BAJO
		Presencia de aire	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Tuberías obstruidas	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Columna de dirección	Crucetas defectuosas	4	3	2	2	1	5	2	144	MEDIO
		Falta de lubricación	5	3	2	2	1	4	2	165	MEDIO
		Deformación	2	3	1	1	2	3	2	54	BAJO
		Fijación defectuosa	3	3	2	1	1	3	2	81	MEDIO
	Rótulas	Desgaste por vida útil	5	3	3	2	1	3	2	165	MEDIO
	Barra de torsión	Deformación	3	3	2	1	2	4	3	108	MEDIO
Ruptura		2	2	2	1	2	3	3	44	BAJO	
Suspensión	Ruedas	Neumático descentrado	5	1	3	2	1	3	1	50	BAJO
		Ruedas desequilibradas	5	2	2	1	1	2	1	70	BAJO
		Deformación	5	3	2	1	1	3	2	135	MEDIO
		Grietas en neumáticos	4	2	2	2	1	2	1	64	BAJO
		Presión defectuosa de neumáticos	5	2	1	1	1	2	1	60	BAJO
		Inclinación incorrecta	5	2	1	1	1	2	1	60	BAJO
		Convergencia incorrecta	4	2	2	1	1	2	1	56	BAJO
		Cojinetes defectuosos	4	3	2	2	2	3	2	132	MEDIO
		Deformación de mangueta	4	2	1	1	1	2	2	56	BAJO

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

		Falta de lubricación de mangueta	4	2	2	2	1	2	1	64	BAJO
	Muelles	Muelles debilitados	3	3	3	2	2	3	2	108	MEDIO
	Barra estabilizadora	Barra defectuosa	3	4	3	2	2	3	3	156	MEDIO
		Falta de apriete en uniones	5	2	2	1	1	2	1	70	BAJO
	Amortiguadores	Falla por cumplir vida útil	4	3	3	2	2	3	2	144	MEDIO
		Defectos internos	4	3	3	2	2	3	2	144	MEDIO
	Brazos oscilantes	Deformación	3	3	3	1	1	2	2	81	MEDIO
		Casquillos desgastados	3	3	3	1	1	2	2	81	MEDIO
		Articulación desgastada	3	3	3	1	1	2	2	81	MEDIO
	Tirantes de dirección	Juego excesivo	3	3	2	1	1	2	1	63	BAJO
	Ballesta	Ruptura de hojas	3	3	3	1	2	3	2	99	MEDIO
		Ruptura de bridas de unión	3	3	3	1	2	3	2	99	MEDIO
Motor	Cigüeñal	Juego excesivo entre cojinete y muñequilla	3	4	3	2	3	5	3	192	MEDIO
		Juego axial excesivo	3	4	2	2	3	5	4	180	MEDIO
		Muñequillas ovaladas	3	4	2	2	3	5	4	180	MEDIO
		Tornillos de fijación del volante flojos	3	3	2	2	2	5	4	126	MEDIO
		Aceite diluido o sin presión	3	2	2	5	1	5	4	96	MEDIO
	Bielas	Tornillos flojos de fijación	3	4	3	2	3	5	4	204	MEDIO
		Juego excesivo entre cojinetes de biela y muñequillas de cigüeñal	3	4	3	3	3	5	4	216	MEDIO
		Paralelismo insuficiente	3	4	3	3	3	5	4	216	MEDIO
		Problema de lubricación	3	3	3	3	3	5	4	162	MEDIO
	Cámara de combustión	Incrustaciones en el interior	3	5	3	5	3	5	5	315	ALTO
	Combustible	Bajo nivel de octanaje	1	3	1	1	1	1	1	15	BAJO
		Composición defectuosa	1	3	1	1	1	1	1	15	BAJO
	Distribución	Desfase en el tiempo	2	2	2	4	1	3	2	48	BAJO

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

	Pistones	Desgaste de componentes	3	3	3	2	2	4	3	126	MEDIO		
		Desgaste	3	3	4	4	2	3	3	144	MEDIO		
		Juego excesivo entre pistón y cilindro	3	3	4	4	2	3	3	144	MEDIO		
		Juego excesivo entre bulón y masa de pistón	3	3	4	4	2	3	3	144	MEDIO		
		Segmentos desgastados	3	3	4	4	2	3	3	144	MEDIO		
		Lubricación insuficiente	4	2	2	2	1	3	1	72	BAJO		
	Válvulas	Juego excesivo entre empujador y asiento en el bloque	3	3	3	3	2	5	3	144	MEDIO		
		Juego excesivo entre válvula y balancín	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO		
		Rotura muelle de válvula	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO		
		Juego excesivo entre balancín y eje	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO		
		Juego excesivo entre válvula y guía	3	4	4	4	3	4	4	228	ALTO		
	Junta de la culata	Líquido de refrigeración ingresa en la cámara	3	3	4	4	3	4	4	171	MEDIO		
		Gases de combustión penetran sistema de refrigeración	4	4	4	4	3	4	4	304	ALTO		
		Aceite penetra en circuito de refrigeración	4	4	4	4	3	4	4	304	ALTO		
		Mezcla del líquido refrigerante con aceite	3	4	4	4	3	4	4	228	ALTO		
	Lubricación	Conductos	Suciedad	5	3	3	4	2	4	3	240	ALTO	
			Válvula de descarga	Obstruida	5	3	3	4	2	4	3	240	ALTO
				Mala regulación	5	3	3	4	2	4	3	240	ALTO
		Filtro	Suciedad	5	2	4	4	1	3	2	140	MEDIO	
Lubricante		Viscosidad incorrecta	2	4	3	4	1	3	2	104	MEDIO		
		Falta de lubricante	2	4	3	4	1	3	2	104	MEDIO		

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

		Deterioro de sus propiedades	5	4	3	4	1	3	2	260	ALTO
	Bomba de lubricación	Colador obstruido	5	3	3	3	1	3	1	165	MEDIO
		Juego excesivo en elementos internos	5	3	3	3	1	2	1	150	MEDIO
Eléctrico	Alternador	Cortocircuito en diodos	5	4	3	3	2	4	2	280	ALTO
		Regulador defectuoso	5	4	3	3	2	4	2	280	ALTO
		Desgaste de escobillas	5	4	3	3	2	4	2	280	ALTO
		Capa de óxido en anillos	5	4	3	3	2	4	2	280	ALTO
		Interrupción en devanado de excitación	4	3	3	3	2	4	2	168	MEDIO
		Cortocircuito en devanado de rotor	4	3	3	3	2	4	2	168	MEDIO
		Estator defectuoso	4	3	3	3	2	4	2	168	MEDIO
	Motor de arranque	Escobillas desgastadas, rotas o sucias	4	3	3	4	1	3	2	156	MEDIO
		Presión insuficiente de muelles de las escobillas	3	3	3	2	1	4	2	108	MEDIO
		Relé averiado	3	3	2	3	1	4	2	108	MEDIO
		Interruptor averiado	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
		Colector sucio	3	3	2	3	1	3	2	99	MEDIO
		Instalación defectuosa	3	3	3	2	1	4	2	108	MEDIO
		Arrollamiento del inducido o inductor en corto circuito	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
		Cojinetes desgastados	3	3	3	2	1	4	2	108	MEDIO
		Piñón defectuoso	3	3	3	2	1	4	2	108	MEDIO
		Horquilla defectuosa	3	3	2	2	1	4	2	108	MEDIO
		Montaje deficiente	3	3	3	2	1	4	2	108	MEDIO
		Muelle de recuperación defectuoso	4	3	3	2	1	4	2	144	MEDIO
Alumbrado	Lámpara fundida	5	3	2	3	1	3	2	165	MEDIO	
	Cable de alimentación cortado	5	3	2	3	1	3	2	165	MEDIO	
	Cable de masa defectuoso	5	3	2	3	1	4	2	180	MEDIO	
	Fusible fundido	5	3	2	3	1	4	2	180	MEDIO	
	Interruptor defectuoso	5	3	2	3	1	4	2	180	MEDIO	
	Mando de luces defectuoso	5	3	2	3	1	3	2	165	MEDIO	

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

		Cortocircuito en el sistema	5	4	2	3	1	4	2	240	ALTO
		Bornes de batería defectuosos	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
Inyección CRDI	Tanque de combustible	Rotura	3	2	3	3	1	3	2	72	BAJO
		Geometría incorrecta	3	2	3	3	1	3	2	72	BAJO
	Pre filtro	Suciedad	5	3	3	3	1	3	2	180	MEDIO
	Bomba de baja presión	Muelles desgastados	4	3	3	3	2	3	2	156	MEDIO
		Desgaste de componentes	4	3	3	3	2	3	2	156	MEDIO
	Filtro de combustible	Suciedad	5	3	3	3	1	3	2	180	MEDIO
		Desgaste de elemento filtrante	5	3	3	3	1	3	2	180	MEDIO
	Conductos de baja presión	Suciedad	3	2	3	3	2	3	2	78	BAJO
		Obturación	3	2	3	3	2	3	2	78	BAJO
	Bomba de alta presión	Regulación incorrecta	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO
		Desgaste de elementos internos	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO
	Conductos de alta presión	Suciedad	4	4	4	4	2	4	3	272	ALTO
		Obturación	4	4	4	4	2	4	3	272	ALTO
	Riel de inyectores	Fisuras	2	5	5	4	3	5	3	200	MEDIO
	Inyector	Desgaste de elementos internos	4	5	5	3	3	5	3	380	ALTO
		Obstrucción	4	5	5	3	3	5	3	380	ALTO
		Suciedad	4	5	5	3	3	5	3	380	ALTO
		Mala conexión eléctrica	4	3	3	3	1	3	2	144	MEDIO
	Conductos de retorno	Suciedad	3	4	3	3	2	3	2	156	MEDIO
		Obturación	3	4	3	3	2	3	2	156	MEDIO
	Ecu	Sobrecarga de voltaje	3	3	3	2	3	4	3	135	MEDIO
		Agua en el interior	3	3	3	3	3	4	3	144	MEDIO
		Deterioro	3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO
Sobrecalentamiento		3	4	4	4	3	4	3	216	MEDIO	
Sensor CKP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
	Alimentación defectuosa	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
	Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
	Contacto a masa defectuoso	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
	Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
Sensor CMP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	
	Resistencia inadecuada	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

		Voltaje incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Arnés y conector averiado	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor APP	Círculo defectuoso	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
		Señal incorrecta	3	3	3	2	1	3	2	99	MEDIO
	Sensor de presión de riel	Señal incorrecta	3	3	2	2	1	3	2	90	MEDIO
		Voltaje incorrecto	3	3	2	2	1	3	2	90	MEDIO
		Resistencia incorrecta	3	3	2	2	1	3	2	90	MEDIO
	Sensor ECT	Voltaje incorrecto	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Cortocircuito	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Círculo abierto	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor de temperatura combustible	Señal incorrecta	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor MAF	Señal incorrecta	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	2	3	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor MAP	Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Regulador de presión	Resorte defectuoso	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
		Membrana defectuosa	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
	Regulador de caudal	Resistencia incorrecta	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
	Electroválvula EGR	Mecanismo defectuoso	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
		Círculo eléctrico averiado	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
		Presencia de impurezas	4	4	3	3	2	4	3	240	ALTO
	Relé de control de pre calentadores	Círculo abierto	4	2	3	2	1	4	2	96	MEDIO
		Cortocircuito	4	2	3	2	1	4	2	96	MEDIO
		Alimentación de relé	4	2	3	2	1	4	2	96	MEDIO
		Voltaje incorrecto al pre calentador	4	2	3	2	1	4	2	96	MEDIO
Encendido COP	Bobinas cop	Alimentación incorrecta	3	3	3	2	3	4	3	135	MEDIO
		Resistencia de los devanados incorrecta	4	3	3	3	3	4	3	192	MEDIO

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

		Aislamiento a masa incorrecto	4	3	3	2	3	4	3	180	MEDIO
	Módulo de encendido	Alimentación incorrecta	3	5	4	4	3	5	3	285	ALTO
		Señales de mando incorrectas	3	5	4	4	3	5	3	285	ALTO
	Bujías	Material de electrodos defectuoso	4	3	3	3	1	3	2	144	MEDIO
		Bujía incorrecta	4	3	3	3	1	3	2	144	MEDIO
	Sensor CKP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Alimentación defectuosa	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Contacto a masa defectuoso	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor CMP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia inadecuada	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Arnés y conector averiado	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
Encendido DIS	Bobina DIS	Resistencia del primario incorrecta	4	4	3	3	2	3	2	208	MEDIO
		Resistencia del secundario incorrecta	4	4	3	3	2	3	2	208	MEDIO
	Módulo de encendido	Alimentación incorrecta	3	5	4	4	3	5	3	285	ALTO
		Señales de mando incorrectas	3	5	4	4	3	5	3	285	ALTO
	Sensor CKP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Alimentación defectuosa	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Contacto a masa defectuoso	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor CMP	Deterioro físico	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia inadecuada	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Arnés y conector averiado	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor MAP	Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
Voltaje incorrecto		4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO	

Tabla 4-15 (Continuación). Cálculo del IPR y factor de criticidad.

	Sensor MAF	Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Señal incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Resistencia incorrecta	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
	Sensor TPS	Voltaje mínimo incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
		Voltaje máximo incorrecto	4	3	3	2	1	3	2	132	MEDIO
Sistema de escape	Múltiple de escape	Rotura	3	3	4	5	3	4	4	180	MEDIO
	Sensores de oxígeno	Señal incorrecta.	4	4	3	5	1	4	3	256	ALTO
		Contaminación	4	2	3	5	1	4	3	128	MEDIO
		Cableado roto	5	2	3	5	1	4	3	160	MEDIO
		Soldadura en cableado	4	3	3	5	1	4	3	192	MEDIO
		Deterioro físico	4	3	3	5	1	4	3	192	MEDIO
	Convertidor catalítico	Sobrecalentamiento por combustible quemado	3	5	4	5	3	4	3	285	ALTO
		Obstrucción de las celdas	3	5	4	5	3	4	3	285	ALTO
		Rotura por golpes	3	5	4	5	3	4	3	285	ALTO
	Silenciador	Rotura	3	3	4	5	2	4	2	153	MEDIO
		Desgaste interno	3	3	4	5	2	4	2	153	MEDIO
	Colas de escape	Rotura	3	3	3	4	2	4	3	144	MEDIO
		Desgaste de material	3	3	3	4	2	4	3	144	MEDIO
	Filtro de partículas	Saturación	3	5	4	4	3	4	4	285	ALTO
		Obstrucción por partículas atrapadas	3	5	4	4	3	4	4	285	ALTO
Deterioro físico		3	5	4	4	3	4	4	285	ALTO	

Fuente: Autores.

Tabla 4-16. Acciones recomendadas para el mantenimiento preventivo.

<i>Sistema</i>	<i>Componente</i>	<i>Modo de falla</i>	<i>Acción recomendada</i>	<i>Frecuencia Recomendada</i>	<i>Categoría</i>
Frenos	Freno de estacionamiento	Mecanismo defectuoso	Lubricación de cables de freno. Regulación de frenos posteriores.	5000 Km o 50h.	ALTO
	Sensor de ruedas	Deterior físico	Mantenimiento y limpieza periódica	5000 Km o 50h.	ALTO
	Unidad hidráulica	Electroválvulas defectuosas	Sustitución del líquido apropiado según manual de taller del vehículo	30000 Km o 300h.	ALTO
		Motor eléctrico averiado	Realizar medidas de tensión e intensidad.	5000 Km o 50h.	ALTO
		Bomba hidráulica defectuosa	Mantener el líquido de freno en un nivel adecuado	5000 Km o 50h.	ALTO
		Acumulador defectuoso	Mantener el líquido de freno en un nivel adecuado	5000 Km o 50h.	ALTO
Dirección	Caja de dirección	Acoplamiento interno defectuoso	Sustitución de líquido Hidráulico cumpliendo el manual de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
Motor	Cámara de combustión	Incrustaciones en el interior	Uso de lubricantes normados. Análisis de lubricantes.	5000 Km o 50h.	ALTO
	Válvulas	Juego excesivo entre válvula y guía	Calibración de válvulas Lubricantes adecuados	20000 Km o 200h.	ALTO
	Junta de la culata	Gases de combustión penetran sistema de refrigeración	Mantener el nivel del líquido refrigerante	5000 Km o 50 h.	ALTO
		Aceite penetra en circuito de refrigeración	Uso el refrigerante	5000 Km o 50h.	ALTO

Tabla 4-16 (Continuación). Acciones recomendadas para el mantenimiento preventivo.

		Mezcla del líquido refrigerante con aceite	Mantenimiento periódico del radiador	5000 Km o 50h.	ALTO
Lubricación	Conductos	Suciedad	Cambio de lubricantes periódicos según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
	Válvula de descarga	Obstruida	Cambio de lubricantes periódicos según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
		Mala regulación	Cambio de lubricantes periódicos según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
	Lubricante	Deterioro de sus propiedades	Utilizar lubricantes según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
Eléctrico	Alternador	Cortocircuito en diodos	Realizar medidas de tensión e intensidad.	5000 Km o 50h.	ALTO
		Regulador defectuoso	Realizar medidas de tensión e intensidad.	5000 Km o 50h.	ALTO
		Desgaste de escobillas	Revisión periódica de la carga del alternador	5000 Km o 50h.	ALTO
		Capa de óxido en anillos	Limpieza general.	5000 Km o 50h.	ALTO
	Alumbrado	Cortocircuito en el sistema	Revisión periódica de los guardapolvos del sistema	5000 Km o 50h.	ALTO
Inyección CRDI	Conductos de alta presión	Suciedad	Cambio de filtros de forma periódica según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
		Obturación	Cambio de filtros de forma periódica según el plan de mantenimiento	5000 Km o 50h.	ALTO
	Inyector	Desgaste de elementos internos	Cambio de filtros de forma periódica según el plan de mantenimiento	20000 Km o 200h.	ALTO

Tabla 4-16 (Continuación). Acciones recomendadas para el mantenimiento preventivo.

		Obstrucción	Cambio de filtros de forma periódica según el plan de mantenimiento	10000 Km o 100h.	ALTO
		Suciedad	Cambio de filtros de forma periódica según el plan de mantenimiento	10000 Km o 100h.	ALTO
	Regulador de presión	Resorte defectuoso	Revisión periódica del sistema	5000 Km o 50h.	ALTO
		Membrana defectuosa	Revisión periódica del sistema	5000 Km o 50h.	ALTO
	Regulador de caudal	Resistencia incorrecta	Realizar pruebas de verificación periódicas.	5000 Km o 50h.	ALTO
	Electroválvula EGR	Mecanismo defectuoso	Revisión periódica de la válvula	5000 Km o 50h.	ALTO
		Circuito eléctrico averiado	Realizar pruebas de verificación periódicas.	5000 Km o 50h.	ALTO
		Presencia de impurezas	Mantenimiento periódico de la válvula	20000 Km o 200h.	ALTO
Encendido COP	Módulo de encendido	Alimentación incorrecta	Revisión periódica del sistema	20000 Km o 200h.	ALTO
		Señales de mando incorrectas	Mantenimiento físico periódico.	20000 Km o 200h.	ALTO
Encendido DIS	Módulo de encendido	Alimentación incorrecta	Revisión periódica del sistema	20000 Km o 200h.	ALTO
		Señales de mando incorrectas	Mantenimiento físico periódico.	20000 Km o 200h.	ALTO
Escape	Sensores de oxígeno	Señal incorrecta.	Revisión periódica de inyectores y cuerpo de aceleración	20000 Km o 200h.	ALTO
	Convertidor catalítico	Sobrecalentamiento por combustible quemado	Revisión periódica de inyectores y cuerpo de aceleración	20000 Km o 200h.	ALTO
		Obstrucción de las celdas	Revisión periódica de inyectores y cuerpo de aceleración	20000 Km o 200h.	ALTO

Tabla 4-16 (Continuación). Acciones recomendadas para el mantenimiento preventivo.

		Rotura por golpes	Revisión de guardapolvos periódicamente	20000 Km o 200h.	ALTO
	Filtro de partículas	Saturación	Revisión periódica de inyectores y cuerpo de aceleración	20000 Km o 200h.	ALTO
		Obstrucción por partículas atrapadas	Revisión periódica de inyectores y cuerpo de aceleración	20000 Km o 200h.	ALTO
		Deterioro físico	Mantenimiento periódico	20000 Km o 200h.	ALTO

Fuente: Autores.

Tabla 4-17. Actividades de mantenimiento preventivo.


GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.																					
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PROGRAMADAS PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS.																					
NOMENCLATURA:	AJUSTAR (A)						REEMPLAZAR(R)						INSPECCIONAR, CORREGIR (I)								
Kilometraje x 1000																					
ACTIVIDAD	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
SISTEMA MOTOR																					
Aceite del motor y filtro	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Daños y tensión en correa del ventilador	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Holgura de válvulas	A				A				A				A				A				
Filtro de aire	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	
Filtro de combustible		R		R		R		R		R		R		R		R		R		R	
Depósito de combustible,												I									
Prefiltro de combustible								R								R					
Refrigerante del motor		I		R		I		R				R		I		R		I		R	
Drenaje del separador de agua	Drenar semanalmente																				
Fugas en sistema de refrigeración		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I	
Banda de distribución												I				R					
Bujías			R			R			R			R			R			R			
Limpieza cuerpo de aceleración				I				I				I				I				I	
Limpieza de inyectores				I				I				I				I				I	
filtro de aire	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	
Mantenimiento de batería		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I	
Filtro del acondicionador de aire			R			R			R			R			R			R			
SISTEMA TRANSMISIÓN																					
Líquido de embrague	I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		
Carrera y juego del pedal de embrague	I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		
Aceite de transmisión manual				I				R				I				R					
Eje de transmisión		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I	
Desgaste de juntas y estrias del eje de transmisión		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I	
Aceite del diferencial delantero y posterior						I				R				I				R			

Tabla 4-17 (Continuación). Actividades de mantenimiento preventivo.

Daños en los semiejes				I				I				I				I				I
<u>SISTEMA DIRECCIÓN</u>																				
Líquido de dirección hidráulica	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Daños en sistema de dirección			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Manguera de dirección hidráulica		I		I		I		I		I		I		I		R		I		I
Radio de giro de la dirección				I				I				I				I				I
Alineación y balanceo de ruedas				I				I				I				I				I
Daños en rotulas de la dirección		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I
<u>SISTEMA FRENOS</u>																				
Líquido de frenos				I				I				I				I				I
Mantenimiento, regulación de frenos (ABC)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<u>SISTEMA SUSPENSIÓN</u>																				
Ajuste e inspeccion Sistema Suspensión				A				A				A				A				A
<u>RUEDAS Y NEUMÁTICOS</u>																				
Engrase de puntas de ejes				I				I				I				I				I
Presión de aire y daños en neumáticos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<u>CHASIS Y CARROCERÍA</u>																				
Chasis y carrocería		I		A		I		A		I		A		I		A		I		A

Fuente: Autores.

4.12 Mejoras en indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad).

Una vez realizado el análisis de las fallas con herramientas como el diagrama de causa-efecto, el diagrama de Pareto y el análisis de modos de fallas, efectos y criticidad AMFEC se puede recomendar acciones o realizar un análisis más profundo sobre las fallas más críticas como lo muestra en la tabla 4-17. Teniendo en cuenta estas acciones y el plan de mantenimiento propuesto se espera conseguir un aumento de Disponibilidad teniendo en cuenta los valores implicados en Confiabilidad y Mantenibilidad. A continuación, se presenta un análisis de cómo llevar a cabo ciertas mejoras.

4.12.1 Análisis de Confiabilidad.

Los resultados de los indicadores de mantenimiento fueron calculados con las actividades y tiempos empleados sin contar con el plan de mantenimiento propuesto. La mejora en los valores de la Disponibilidad con el plan de mantenimiento propuesto consiste en la disminución del número de actividades correctivas o en su defecto el tiempo empleado en ejecutarlas, al disminuir el valor del MTTR o los TTR esto implica que el valor del MTBMc incremente. En lo que se refiere al MTB Mp debe presentar valores con una tendencia constante o estable por debajo de los MTBMc lo que significa un control de actividades correctivas. El valor del MTBM es una consecuencia del MTBMc y el MTB Mp que si se requiere el incremento de Disponibilidad su valor debe aumentarse.

4.12.2 Análisis de Mantenibilidad.

Los valores implicados en Mantenibilidad son M_p , \bar{M} y los MTTR. El M_p debe ajustarse a los tiempos propuestos en el plan de mantenimiento o no producir variaciones significativas. Los valores del MTTR deben ser lo más pequeños posibles generando un control eficiente sobre acciones correctivas. El valor de \bar{M} debe presentar valores bajos para alcanzar un incremento en la Disponibilidad.

4.12.3 Mejoras en Disponibilidad.

Con el análisis de Confiabilidad y Mantenibilidad se puede esperar un incremento en los valores de Disponibilidad lo que es lo ideal para la institución. Mediante el plan de mantenimiento propuesto con el diseño e implementación del software se espera valores de Disponibilidad altos en comparación a los cálculos realizados en el periodo mayo-octubre 2016.

CAPÍTULO V.

5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS DEL CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.

5.1 Introducción.

Para llevar a cabo la gestión de mantenimiento de la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo se procede al diseño de un software especializado en mantenimiento vehicular que va a contar con un control de indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad). Con la ayuda del software de mantenimiento se busca que la planificación, programación, ejecución y el control del mantenimiento vehicular se lleve a cabo de forma eficiente y producir beneficios tanto a la flota vehicular como a la institución.

5.2 Análisis del problema.

Mediante el estudio de la situación actual desarrollado en el capítulo 3, se constata que en los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo no se cuenta con un software especializado en el control de la gestión de mantenimiento. Con la ayuda de un software especializado se puede llevar el control de vehículos, actividades de mantenimiento, ordenes implicadas en mantenimiento, control de indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad), etc.

5.3 Requerimiento para el diseño e implementación del software.

El software de mantenimiento propuesto para el Consejo Provincial de Chimborazo puede mostrar datos que previamente fueron recolectados en el estudio de la situación actual y estos datos comprenden a vehículos, registros de mantenimiento, ordenes de mantenimiento e indicadores de mantenimiento CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad. En el empleo para realizar el software se utiliza la aplicación ASP.NET que es una aplicación de páginas web, control de base de datos con SQL SERVER 2008 y le lenguaje de programación C#.

Para el desarrollo eficiente del software propuesto es necesario contar con requisitos del hardware y software del equipo o equipos donde se va a desarrollar la aplicación, teniendo

en cuenta los departamentos que se involucren en actividades de mantenimiento. Los requerimientos del hardware y software se muestran a continuación.

Requerimientos del hardware:

- Procesador de 2,5 Hz o superior.
- Memoria RAM 4GB o superior.
- Espacio en disco duro de 50GB o superior.

Requerimientos del software:

- Sistema operativo Windows XP o superior.
- Navegador Internet Explorer.
- NET Framework.
- Servidor.

5.4 Descripción del software.

Gestión de Autos: Muestra el listado de vehículos pertenecientes a la flota de livianos donde consta: marca, modelo, numero motor, numero chasis, placa y código propuesto. En esta parte del menú permite el ingreso de nuevos vehículos que adquiera la institución en el tiempo.

Gestión de Productos: En esta sección permite la visualización y el ingreso de los productos tanto repuestos, combustibles y lubricantes empleados en actividades de mantenimiento tanto programado como correctivo.

Gestión de Órdenes: La gestión de órdenes se refiere al desarrollo de la orden de reparación bien si es interna (actividades a desarrollar en el taller del GADPCH) o si es externa, donde las actividades de mantenimiento se realizan en taller o talleres fuera de la institución.

CMD: Permite el ingreso de los tiempos referidos a actividades de mantenimiento como lo son TBMp, TBMc, TMp y TTR para después proceder al control de indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad).

Plan de Mantenimiento: Muestra el plan de mantenimiento programado establecido para la flota de vehículos livianos del Consejo Provincial de Chimborazo.

Registro de Mantenimiento: En esta sección constan las actividades de mantenimiento realizadas en la flota de vehículos ya sea internas como externas, además de indicar los tiempos empleados en cada actividad.

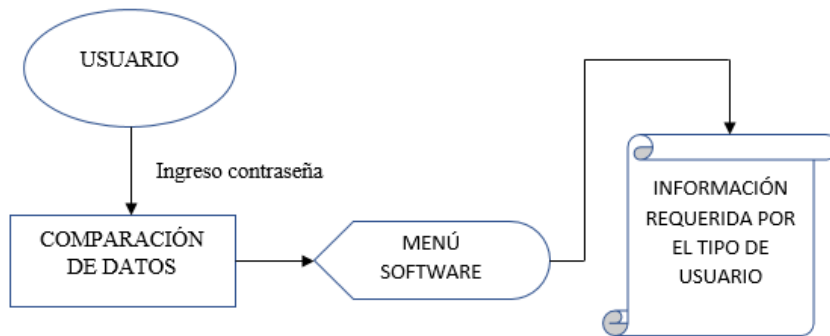
Reporte de Órdenes: Permite la exportación de todas las ordenes o datos relevantes a una ficha de Excel u otro programa.

Reporte CMD: Permite la exportación de tiempos empleados en mantenimiento para el cálculo según una distribución seleccionada.

5.5 Diseño.

5.5.1 Diagrama de flujo de ingreso al software.

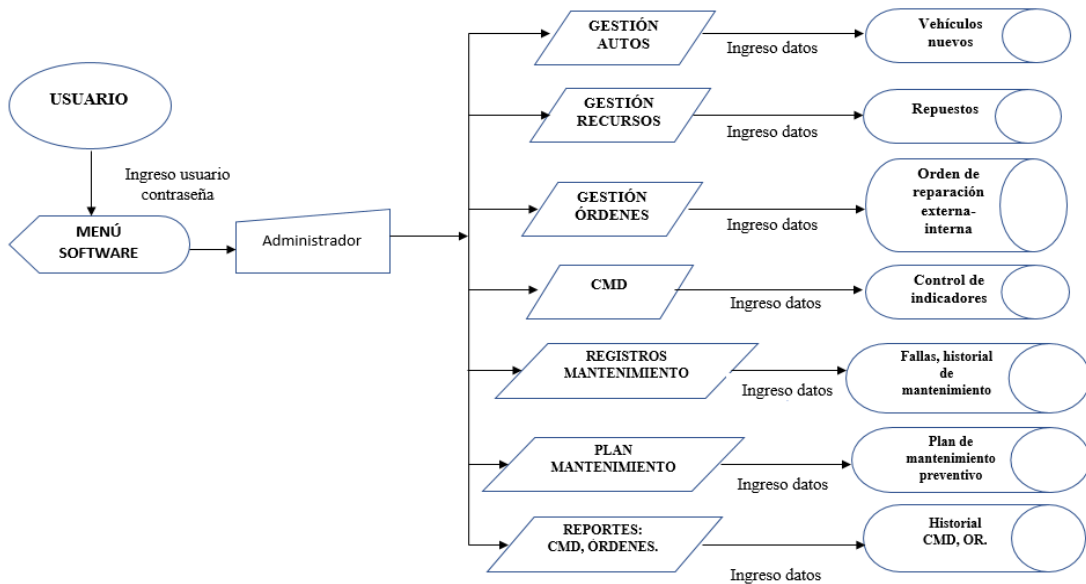
Figura 5-1. Diagrama de flujo ingreso al software.



Fuente: Autores.

5.5.2 Diagrama de flujo de ingreso de datos.

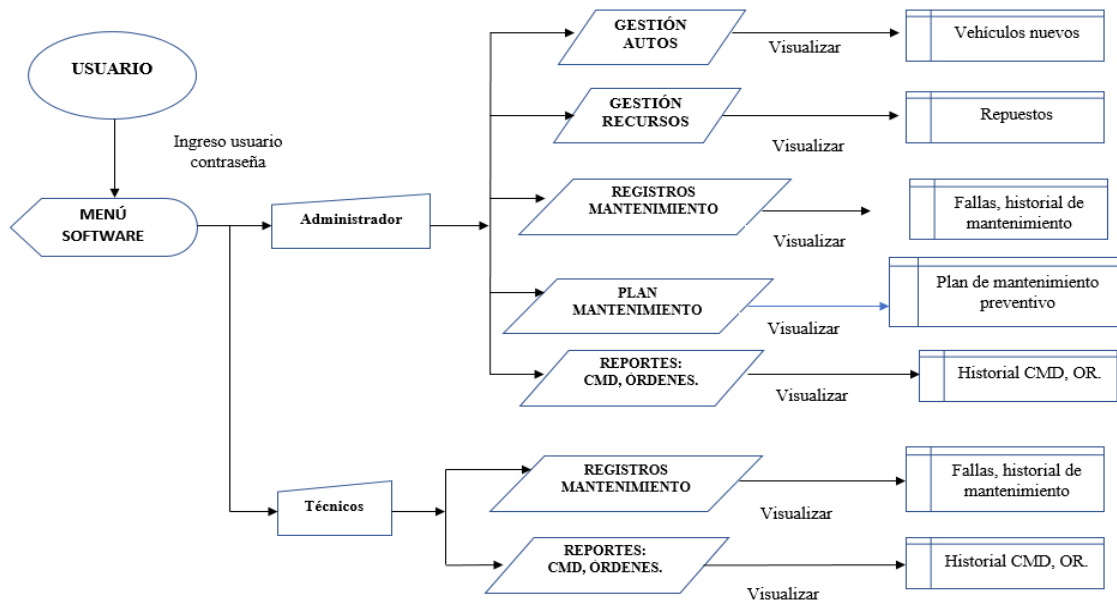
Figura 5-2. Diagrama de flujo ingreso de datos.



Fuente: Autores.

5.5.3 Diagrama de flujo de visualización de datos.

Figura 5-3. Diagrama de flujo visualización de datos.



Fuente: Autores.

5.6 Programación.

La programación que se realiza para el desarrollo del presente software es del tipo orientada a objetos el cual permite el desarrollo de las diversas problemáticas a resolver basándose la descomposición de diferentes pasos para la solución de un determinado problema con un lenguaje de programación C#.

5.7 Herramientas empleadas.

ASP.NET: Es una herramienta de gran utilidad en el momento que se requiere el desarrollo de aplicaciones Web proveniente de la familia Microsoft. Mediante esta aplicación se consigue el uso de lenguajes de programación que establece a conveniencia de un programador, en este caso se usa el lenguaje de programación C# (GIARDINA, 2011).

SQL SERVER: Para el desarrollo de la base de datos donde se encuentra información necesaria del Consejo Provincial de Chimborazo para el desarrollo del software se cuenta con una gestión de base de datos SQL SERVER 2008 que es parte de la familia Microsoft de gran utilidad para aplicaciones web y otras aplicaciones informáticas (VERGEL RODRIGUEZ, 2008).

LENGUAJE C#: Para la programación del software de mantenimiento se utiliza el lenguaje C#, el cual es un lenguaje desarrollado por Microsoft que incluye mejoras

respecto a los lenguajes C++ y Java. Este tipo de lenguaje de programación es utilizado en aplicaciones web como lo es el presente software de mantenimiento (BELL, 2011).

5.8 Presentación del software.

En la presentación del software de mantenimiento se detallan las diferentes las diferentes funciones con las que cuenta dicho software. a continuación, se realiza la revisión de la presentación y la utilidad de cada componente del menú principal.

Ingreso al software: al abrir la aplicación web lo primero que requiere el software para su ejecución es un usuario y una contraseña, si estos dos parámetros no son llenados correctamente el software no se ejecuta. Existe la posibilidad de un registro con usuario y contraseña nuevo, bajo la supervisión del administrador.

Figura 5-4. Ingreso al software de mantenimiento.

Iniciar sesión.

Utilice una cuenta local para iniciar sesión.

Correo electrónico

Contraseña

¿Recordar cuenta?

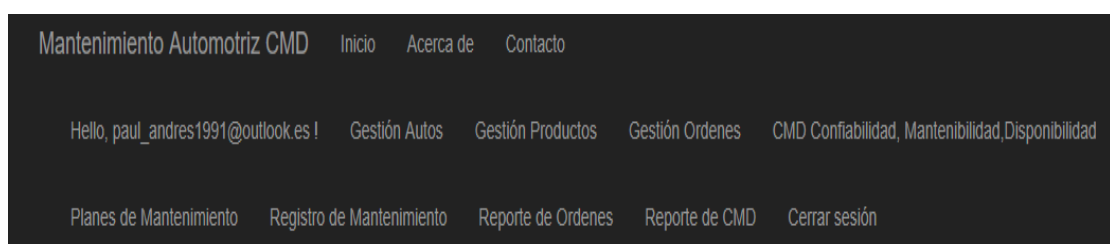
[Registrarse como usuario nuevo](#)

© 2017 - CMD

Fuente: Autores.

Menú Principal: Aquí se encuentran todas las funciones que se puede desarrollar en el software de mantenimiento como lo son gestión de autos, gestión de productos, gestión de órdenes, CMD Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad, planes de mantenimiento, registros de mantenimiento, reporte de órdenes, reporte CMD y cerrar sesión.

Figura 5-5. Menú principal del software.



Fuente: Autores.

Gestión de Autos: Permite la visualización de todos los vehículos pertenecientes a la flota de livianos, además se visualizan parámetros que identifican cada vehículo como número, año de fabricación, número chasis, número motor, modelo, número de placa, código propuesto, estado, marca y el tipo de vehículo. Todos estos datos se pueden editar, eliminar o agregar nuevos vehículos.

Figura 5-6. Gestión de autos.

GESTIÓN DE AUTOS

Número	Año de Fabricación	No Chasis	Modelo	No Motor	No Placa	Codigo Propuesto	Estado	Marca	Tipo de Vehículo	ACCIONES
1	2001	JACUBS25G17100796	TROOPER 5P. 4X4	36018	HEA-0590	CVL-1201	Bueno	Chevrolet	Jepp	Edit Delete
2	2009	JMYLYV77W6J000311	MONTERO 5P. 4X4	6G75SC8635	HEA-0632	IVL-1202	Bueno	Mitsubishi	Jepp	Edit Delete
3	2009	JMYLYV98W9J000384	MONTERO 5P. 4X4	4M41UAA4858	HEI-1061	IVL-1203	Bueno	Mitsubishi	Jepp	Edit Delete
4	2009	MR0YU59G398004273	FORTUNER 5P. 4X4	1GR0925930	HSA-1024	TVL-1204	Bueno	Toyota	Jepp	Edit Delete
5	2007	KMJWSH7HP8U814312	H1 STAREX	D4BH7438086	HSA-1017	YVL-1505	Bueno	Hyundai	Buseta	Edit Delete
6	2014	VV1ZZZEZE6001258	CRAFTER	CKU033966	HSA-1048	VVWL-1506	Bueno	Volkswagen	Buseta	Edit Delete
7	2013	JTFSK22P2D0019123	HIACE DIESEL	5L6214812	HSA-1036	TVL-1507	Bueno	Toyota	Buseta	Edit Delete
8	2013	JTFSK22P0D0019119	HIACE DIESEL	5L6214665	HSA-1038	TVL-1508	Bueno	Toyota	Buseta	Edit Delete
9	2007	9GCNKR5557B004425	NKR	398107	HEA-0682	CVL-1309	Bueno	Chevrolet	Otros	Edit Delete
10	2007	9GCNKR5537B004424	NKR	398116	HEA-0683	CVL-1310	Bueno	Chevrolet	Otros	Edit Delete
11	2003	8LBTFS225H30113414	LUV DIC 4X4	6VD11500396	HEA-0602	CVL-1111	Bueno	Chevrolet	Camioneta	Edit Delete

Fuente: Autores.

Gestión de productos: Permite la visualización de los artículos empleados en el mantenimiento de la flota de livianos como: repuestos, lubricantes, combustible utilizado y la gama de herramientas de diferente tipo. Los datos se pueden editar, eliminar o agregar nuevos productos.

Figura 5-7. Gestión de productos.

Nombre Producto	Descripción	Unidad de Medida	Tipo de Producto	ACCIONES
Gasolina	Extra	Galon	Combustible	Edit Delete
Gasolina	Super	Galon	Combustible	Edit Delete
Diesel	Diesel	Galon	Combustible	Edit Delete
Aceite Motor	15w40	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Motor	20w50	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Motor	10w30	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Motor	5w30	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Trasmisión	140	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Trasmisión	90	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Trasmisión	80w90	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Trasmisión	75w85	Galon	Lubricantes	Edit Delete
Aceite Hidráulico	Deuter	Galon	Lubricantes	Edit Delete

Fuente: Autores.

Gestión de órdenes: Permite la elaboración de la orden de reparación interna o externa seleccionando el vehículo al que se le va a realizar actividades de mantenimiento programado o bien acciones correctivas.

Figura 5-8. Gestión de órdenes.

Numero
 Placa
 Chasis

Buscar

	Número	Año de Fabricación	No Chasis	Modelo	No Motor	No Placa	Código Propuesto	Estado	Marca	Tipo de Vehículo	ACCIONES
Seleccionar	1	2001	JACUBS25G17100796	TROOPER 5P. 4X4	36018	HEA-0590	CVL-1201	Bueno	Chevrolet	Jepp	Seleccionar
Seleccionar	2	2009	JMYLYV77W6J000311	MONTERO 5P. 4X4	6G75SC8635	HEA-0632	IVL-1202	Bueno	Mitsubishi	Jepp	Seleccionar
Seleccionar	3	2009	JMYLYV98W9J000384	MONTERO 5P. 4X4	4M41UAA4858	HEI-1061	IVL-1203	Bueno	Mitsubishi	Jepp	Seleccionar
Seleccionar	4	2009	MR0YU59G398004273	FORTUNER 5P. 4X4	1GR0925930	HSA-1024	TVL-1204	Bueno	Toyota	Jepp	Seleccionar
Seleccionar	5	2007	KMJWSH7HP8U814312	H1 STAREX	D4BH7436086	HSA-1017	YVL-1505	Bueno	Hyndai	Buseta	Seleccionar

Fuente: Autores.

CMD Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad: Permite el ingreso de los valores de los tiempos empleados en cada actividad de mantenimiento por mes, para el cálculo de confiabilidad (MTBMc, MTBmp, etc.), Mantenibilidad (Mp, MTTR, etc.) y Disponibilidad (MTBM, \bar{M} , etc).

Figura 5-9. Tiempos empleados en mantenimiento.

Fecha	Tiempo de Actividad	TBMP	TMP	TBMC	TTR	Vehículo	ACCIONES
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> < julio de 2017 > lu. ma. mi. ju. vi. sa. do. 26 27 28 29 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 </div>						<input type="text" value="Seleccione el Auto"/>	<input type="button" value="Guardar"/>

Fuente: Autores.

Figura 5-10. Registro de confiabilidad.

REGISTRO DE CONFIABILIDAD

TIPO:	CONFIABILIDAD	Fecha de Realización:							
Análisis Weibull						Distribución seleccionada			
Beta	Eta	Anderson Darling	Kolmogorov Smnov			Anderson Darling	Komogorov Smimov		
		Valor P	Cumple	Valor P	Cumple	Valor P	Cumple	Valor P	Cumple
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Fuente: Autores.

Figura 5-11. Registro de mantenibilidad.

REGISTRO DE MANTENIBILIDAD											
TIPO:	MANTENIBILIDAD	Fecha de Realización:	< julio de 2017 >								
			lu.	ma.	mi.	ju.	vi.	sá.	do.		
			26	27	28	29	30	1	2		
			3	4	5	6	7	8	9		
			10	11	12	13	14	15	16		
			17	18	19	20	21	22	23		
			24	25	26	27	28	29	30		
			31	1	2	3	4	5	6		
Análisis Weibull										Distribución seleccionada	
Beta	Eta	Anderson Darling								Komogorov Smimov	
		Valor P	Cumple							Anderson Darling	
		Valor P	Cumple							Valor P	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Autores.

Figura 5-12. Registro de disponibilidad.

REGISTRO DE DISPONIBILIDAD							
Fecha de Realización:	< julio de 2017 >						
	lu.	ma.	mi.	ju.	vi.	sá.	do.
	26	27	28	29	30	1	2
	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30
	31	1	2	3	4	5	6
MTBMP	MP	MTBMC	MTRP	MTBM	M	Disponibilidad	
0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Autores.

Plan de mantenimiento: Permite el ingreso o la visualización de las actividades de mantenimiento programado para la flota de vehículos livianos por kilometraje.

Figura 5-13. Plan de mantenimiento programado.

GESTION DE MANTENIMIENTOS		
Plan de Mantenimiento	Actividades a realizar	ACCIONES
5000 KM	R: Aceite y filtro de motor, I: Daños y tensión en correa del ventilador, A: Holgura de válvulas, I: Filtro de aire, I: Líquido de embrague, I: Carrera y juego del pedal de embrague, I: Líquido de dirección hidráulica, I: Mantenimiento, regulación de frenos (ABC), I: Presión de aire y daños en neumáticos.	Edit Delete
10000 KM	R: Aceite y filtro de motor, I: Daños y tensión en correa del ventilador, I: Filtro de aire, R: Filtro de combustible, I: Refrigerante del motor, I: Fugas en sistema de refrigeración, I: Mantenimiento de batería, I: Eje de transmisión, I: Desgaste de juntas y estrias del eje de transmisión, I: Líquido de dirección hidráulica, I: Daños en sistema de dirección, I: Manguera de dirección hidráulica, I: Daños en rotulas de la dirección, I: Mantenimiento, regulación de frenos (ABC), I: Presión de aire y daños en neumáticos, I: Chasis y carrocería.	Edit Delete
15000 KM	R: Aceite y filtro de motor, I: Daños y tensión en correa del ventilador, R: Bujías, I: Filtro de aire, R: Filtro del acondicionador de aire, I: Líquido de embrague, I: Carrera y juego del pedal de embrague, I: Líquido de dirección hidráulica, I: Mantenimiento, regulación de frenos (ABC), I: Presión de aire y daños en neumáticos.	Edit Delete
20000 KM	R: Aceite y filtro de motor, I: Daños y tensión en correa del ventilador, R: Filtro de aire, R: Filtro de combustible, R: Refrigerante del motor, I: Fugas en sistema de refrigeración, I: Limpieza cuerpo de aceleración, I: Limpieza de inyectores, I: Mantenimiento de batería, I: Aceite de transmisión manual, I: Eje de transmisión, I: Desgaste de juntas y estrias del eje de transmisión, I: Daños en los semiejes, I: Daños en sistema de dirección, I: Manguera de dirección hidráulica, I: Radio de giro de la dirección, I: Alineación y balanceo de ruedas, I: Daños en rotulas de la dirección, I: Líquido de dirección hidráulica, I: Líquido de frenos, I: Mantenimiento, regulación de frenos (ABC), A: Ajuste e Inspeccion Sistema Suspensión, I: Engrase de puntas de ejes, I: Presión de aire y daños en neumáticos, A: Chasis y carrocería.	Edit Delete

Fuente: Autores.

Registros de mantenimiento: En esta sección se puede visualizar el historial de actividades de mantenimiento realizadas interna o externamente en la flota de vehículos livianos.

Reporte de órdenes: Permite visualizar el estado y el tiempo empleado en realizar las ordenes de reparación

Reporte CMD: Permite la exportación de los datos de tiempos empleados en mantenimiento a una hoja de cálculo para el análisis de distribuciones de probabilidad en el cálculo de confiabilidad y mantenibilidad.

5.9 Pruebas.

Tabla 5-1. Evaluación de parámetros del software.

PARÁMETROS A EVALUAR	EVALUACIÓN		
	SATISFACTORIO	BUENO	MALO
Funcionalidad	✓		
Accesibilidad	✓		
Seguridad	✓		
Tiempos de respuesta	✓		
Ejecución	✓		
Compatibilidad	✓		
Flujo de datos	✓		
Fiabilidad	✓		
Rendimiento	✓		
Facilidad de utilización	✓		

Fuente: Autores.

5.10 Implementación del software en el taller.

Una vez realizado el diseño del software de mantenimiento que es una aplicación web ASP.NET con un motor de base de datos SQL SERVER y un lenguaje de programación C# y luego de realizar las pruebas pertinentes se procede con la implementación en los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo. El uso del software de mantenimiento es exclusivo de la institución y el administrador puede realizar su utilización para el control de la gestión de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.

5.11 Resultados de Disponibilidad con el plan de mantenimiento propuesto.

Una vez implementado el plan de mantenimiento con el software y realizando el análisis de los indicadores de mantenimiento, se procedió con el cálculo de valores de Disponibilidad Alcanzada de la flota de vehículos livianos para el periodo mayo-junio del 2017. En la tabla, se observan los valores de $MTBM_p$, M_p , $MTBM_c$, MTR , $MTBM$, \bar{M} y los valores de Disponibilidad que, en comparación con el periodo analizado en el capítulo 4 se observa un incremento.

Tabla 5-2. Disponibilidad Alcanzada mayo-junio 2017.

Mes	$MTBM_p$	M_p	$MTBM_c$	MTR	$MTBM$	\bar{M}	D_A
May-17	72,8540	1,8894	108,2610	2,8586	43,5484	2,2793	95,0264
Jun-17	68,2542	1,9265	101,3754	2,8685	40,79062	2,3055	94,6503

Fuente: Autores.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Mediante el estudio de la situación actual de los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo se propuso una mejora con el plan de mantenimiento basado en indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) y el uso complementario de un software especializado en mantenimiento para la flota de vehículos livianos.
- El Consejo Provincial de Chimborazo cuenta con un plan de mantenimiento con acciones preventivas y un control al presentarse acciones correctivas mediante el uso de formatos establecidos, información técnica y diversos manuales.
- El plan de mantenimiento elaborado cuenta con un análisis y desarrollo de indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) que permite realizar una evaluación sobre la gestión de mantenimiento en la flota de vehículos livianos.
- El software de mantenimiento elaborado es seguro y sujeto a pruebas para verificar su ejecución al momento de realizar actividades de mantenimiento, además mediante esta herramienta se puede corregir errores que provocan actividades correctivas lo que involucra directamente en los indicadores de mantenimiento.
- El Consejo Provincial de Chimborazo tiene acceso a la guía de manejo del software de mantenimiento para facilidad de uso en la gestión de actividades de mantenimiento.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Utilizar el software de mantenimiento propuesto basado en el análisis de indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) ya que mediante este estudio permite la evaluación del mantenimiento en la institución.
- Aplicar el plan de mantenimiento propuesto a la flota de vehículos livianos logrando con esto un mejor desempeño en la flota de vehículos livianos lo que trae consigo una serie de ahorro en recursos materiales.
- Establecer un análisis sobre la señalización en cada área destinada para actividades de mantenimiento, lo que permitiría un mejor desempeño del personal involucrado en los talleres y sobre todo para protección de los mismos.
- Contar con una serie de repuestos que son de utilización en todas las flotas pertenecientes al Consejo Provincial de Chimborazo, lo que permite una optimización en tiempos y rendimiento al realizar actividades de mantenimiento.
- Analizar la infraestructura correspondiente a los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR OTERO, José; et al. *Análisis de modo de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad* [En Línea]. México: Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A de C.V., 2010. [Consulta: 12 de Febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.imiq.org/wp-content/uploads/2012/02/25105.pdf>.

ARQUES PATÓN, J. L. *Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario*. España: Ediciones Díaz de Santos, 2009, pp. 3-76.

AUTODATA [En línea] 2012. Disponible en: <https://todoparataller.blogspot.com/2016/04/autodata-340-full-espanol-1-linkmega.html>.

BESTRATÉN BELLOVÍ, Manuel; & ORRIOLS RAMOS, Rosa. *Análisis modal de fallas y efectos*. [En línea]. AMFE. SEAT, S.A., 2004. [Consulta: 25 de Marzo de 2017]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf.

BUENAÑO MOYANO, Luis Fernando. 2016. *Plan de gestión de mantenimiento basado en el análisis de índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de las locomotoras tipo bbb 2400 de ferrocarriles del ecuador empresa pública*. [En línea] (Tesis). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 130-160. [Consulta: 29 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5119#sthash.xQyU5Wjv.dpuf>.

CASANOVA ARRIBAS, Rubén; & BARRERA DOBLADO, Óscar. *Logística y comunicación en un taller de vehículos*. 2ª ed. MADRID : Ediciones Paraninfo, SA., 2011, pp. 14-102.

CRUZ JASSO, Adrian. *Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa agr-rackend*. [En línea]. 2011. [Consulta: 25 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://www.uttt.edu.mx/CatalogoUniversitario/imagenes/galeria/63A.pdf>.

DOUNCE VILLANUEVA, E. *La productividad en el mantenimiento industrial*. 2ª ed. México : Compañía Editorial Continental, S.A. DE C.V., 2000, pp. 2-60.

GADPCH. *Talleres del gobierno autónomo descentralizado de la provincia de chimborazo.* [En línea] 2013. [Consulta: 18 de Febrero de 2017]. Disponible en: <https://maechimborazo.files.wordpress.com/2013/05/talleres-del-gobierno-autonomo-de-scentralizado-de-la-provincia-de-chimborazo.pdf>.

GIL MARTÍNEZ, H. *Manual práctico del automóvil reparación y mantenimiento.* Madrid : CULTURAL, S.A., 2010, pp. 100-909.

GONZÁLES FERNÁNDEZ, F. J. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* 4a ed. Madrid : Fundación Confemetal, 2012. pp. 100-160.

LEVINE, DAVID, K. et al. *Estadística para administración.* 4ª ed. México : Pearson Educación, 2006, pp. 9-63.

MESA GRAJALES, Dario; et al. *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.* [En línea]. 2006. [Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4830901.pdf>

MORA GUTIÉRREZ, A. *Mantenimiento planeación, ejecución y control.* Bogotá : Alfaomega Colombiana S.A., 2009, pp. 49-140.

MUÑOZ ABELLA, Belén. *Mantenimiento industrial.* [En línea]. 2012. [Consulta: 14 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>.

PASCUAL, Rodrigo. *Gestión Moderna del Mantenimiento.* [En línea]. 2002. [Consulta: 22 de noviembre de 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/12526996/manual-del-ingeniero-de-mantenimiento>.

RUIZ, Arturo; & ROJAS, Falcó. *Herramientas de calidad.* [En línea]. 2009. [Consulta: 10 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf>.

STATGRAPHICS. *Ajustando Distribución (Datos No Censurados).* [En línea]. 2006. [Consulta: 25 de Junio de 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/13500831/Ajustando-Distribucion-Datos-No-Censurados>.

TAMARIZ SILVA, Francisco Xavier. *Implementación de metodología amfe (análisis de modo de falla y efecto en la línea de cocinas de la empresa induglob s.a.* [En línea] (Tesis). (Doctoral) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2012. pp. 10-45. 2012. [Consulta: 25 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2714/1/08685.pdf>.

TORRES, L. D. *Mantenimiento su implementación y gestión.* 3^a ed. Córdoba : Universitas, 2010, pp. 17-300.

GIARDINA, F. *ASP.NET Guía de desarrollo de sitios y aplicaciones web dinámicas.* [En línea] 2011. [Consulta: 29 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://www.intercambiovirtuales.org/libros-manuales/asp-net-guia-de-desarrollo-de-sitios-y-aplicaciones-web-dinamicas-fernando-giardina>

VERGEL RODRÍGUEZ, V. *Administración de base de datos con SQL Server 2008.* [En Línea] 2008. [Consulta: 30 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://www.v-espino.com/~chema/daw1/tutoriales/SQLServer.pdf>

BELL, Douglas; & PARR, M. *C# PARA Estudiantes* [En Línea]. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2011. [Consulta: 3 de Julio de 2017]. Disponible en: <http://lawebdelche2000.blogspot.com/2014/08/c-para-estudiantes-de-douglas-bell-mike.html>