



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA
PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL DE
PATATE**

Trabajo de Integración Curricular Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

AREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Darío Javier Centeno Guevara

TUTOR: Ing. Fernando Urrutia, Mg.

Ambato – Ecuador

marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular con el tema: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL DE PATATE, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Darío Javier Centeno Guevara, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y sus reformas y el numeral 7.4 del respectivo instructivo del reglamento.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Fernando Urrutia, Mg.

TUTOR

AUTORIA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El presente trabajo de Integración Curricular titulado: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL DE PATATE es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.



.....
Darío Javier Centeno Guevara

C.C. 1804828208

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Integración Curricular como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Integración Curricular en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.



.....
Darío Javier Centeno Guevara

C.C. 1804828208

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Integración Curricular presentado por el señor Darío Javier Centeno Guevara, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL DE PATATE, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y sus reformas y al numeral 7.6 del respectivo instructivo del reglamento. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Franklin Salazar, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Bolívar Morales, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación primeramente va dedicado hacia Dios, ya que él ha sido mi fortaleza durante todo este camino y he podido cumplir todas las metas que me he propuesto.

Especialmente a mi señor padre Luis C. y a mi señora madre Fabiola G. por ser mis pilares fundamentales y brindarme siempre el apoyo y la motivación necesaria para llegar a cumplir este objetivo. Y como no ha mi hermano José Luis C. por también estar ahí en los momentos alegres, difíciles y aportar su granito de arena para que yo pueda cumplir este sueño.

A toda mi familia abuelos, tíos, primos, todos quienes han sabido estar en los momentos alegres y difíciles que nos pone la vida y han sabido brindarme siempre el apoyo incondicional para cumplir este objetivo de vida.

A mis amigos de universidad y fuera de ella, quienes hemos compartido momentos inolvidables y hemos sabido apoyarnos mutuamente para llegar a conseguir este logro.

Darío Javier Centeno Guevara

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme siempre por el camino del bien y ayudarme a cumplir una de mis metas de vida.

A mis padres porque ellos han sabido inculcarme valores, principios desde pequeño y me han guiado por el camino correcto para poder lograr este sueño.

A mi hermano, familia y amigos que han sabido estar en todos los momentos ya sean buenos o malos y han sabido aconsejarme durante el camino para cumplir con este objetivo.

A mi tutor de tesis, Ing. Fernando Urrutia por apoyarme y brindarme sus concejos y enseñanzas durante el trayecto de desarrollo del proyecto de investigación.

A la universidad, a los profesores de la FISEI que desde el inicio de la carrera han sabido impartir sus conocimientos para que cada día sea una persona mejor.

A la municipalidad del cantón Patate, al departamento de obras públicas por brindarme las facilidades y el apoyo para el desarrollo y finalización del presente proyecto de titulación.

Darío Javier Centeno Guevara

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Tema de Investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Antecedentes Investigativos	5
1.3. Fundamentación Teórica	9
1.3.1. Mantenimiento	9
1.3.2. Importancia del Mantenimiento	10
1.3.3. Objetivos del mantenimiento	10
1.3.4. Tipos de Mantenimiento	11
1.3.5. Modelos de Mantenimiento	21
1.3.6. Gestión del mantenimiento	25

1.3.7.	Indicadores del Mantenimiento.....	25
1.3.8.	Fallos.....	28
1.3.9.	Análisis de Fallos.....	29
1.4.	Objetivos.....	39
1.4.1.	Objetivo general.....	39
1.4.2.	Objetivos específicos.....	39
CAPÍTULO II.....		40
METODOLOGÍA.....		40
2.1.	Materiales.....	40
2.2.	Métodos.....	41
2.2.1	Modalidad de la investigación.....	41
2.2.2	Población y muestra.....	45
2.2.3	Recolección de la información.....	45
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos.....	46
CAPÍTULO III.....		48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		48
3.1.	Análisis y discusión de resultados.....	48
CAPÍTULO IV.....		157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		157
4.1.	Conclusiones.....	157
4.2.	Recomendaciones.....	158
MATERIALES DE REFERENCIA.....		159
Referencias bibliográficas.....		159
Anexos.....		163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre Mantenimiento Preventivo y Predictivo	17
Tabla 2. Ventajas y desventajas de tipos de mantenimiento	19
Tabla 3. Criterios de valoración Método AMFE	36
Tabla 4. Materiales utilizados en el proyecto de investigación.....	40
Tabla 5. Preguntas metodología PRISMA	43
Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión.....	44
Tabla 7. Maquinaria pesada y vehículos livianos	45
Tabla 8. Lista de maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate	49
Tabla 9. Indicadores de mantenimiento Volqueta Hino #1.....	50
Tabla 10. Indicadores de mantenimiento de la maquinaria pesada y vehículos livianos	51
Tabla 11. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #1	53
Tabla 12. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #2	60
Tabla 13. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #3	67
Tabla 14. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #4	74
Tabla 15. Análisis AMFE para la Retroexcavadora Caterpillar #1.....	81
Tabla 16. Análisis AMFE para la Retroexcavadora Caterpillar #2.....	87
Tabla 17. Análisis AMFE para la Excavadora Hyundai	93
Tabla 18. Análisis AMFE para el Minicargador Caterpillar.....	99
Tabla 19. Análisis AMFE para la Cargadora Case	105
Tabla 20. Análisis AMFE para el Tractor de Orugas Caterpillar	111
Tabla 21. Análisis AMFE para la Camioneta Toyota #1	117
Tabla 22. Análisis AMFE para la Camioneta Toyota #2	123
Tabla 23. Análisis AMFE para el Jeep Suzuki #1	129
Tabla 24. Análisis AMFE para el Jeep Suzuki #2	135
Tabla 25. Funciones y herramientas principales de Maintenance Pro	147
Tabla 26. Herramientas del administrador de equipos en Maintenance Pro.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del mantenimiento correctivo	12
Figura 2. Etapas del mantenimiento preventivo	14
Figura 3. Etapas del mantenimiento predictivo	16
Figura 4. Matriz de criticidad	31
Figura 5. Matriz de 5 porqués	32
Figura 6. Diagrama de Ishikawa	32
Figura 7. Estructura del FTA	33
Figura 8. Diagrama de flujo metodología PRISMA	44
Figura 9. Codificación de los equipos.....	48
Figura 10. Análisis de disponibilidad	51
Figura 11. Componentes críticos Volquetas	141
Figura 12. Componentes críticos Retroexcavadoras.....	142
Figura 13. Componentes críticos Excavadora Hyundai.....	142
Figura 14. Componentes críticos Minicargadora Caterpillar.....	143
Figura 15. Componentes críticos Cargadora Case	144
Figura 16. Componentes críticos Tractor de orugas Caterpillar	144
Figura 17. Componentes críticos vehículos livianos	145
Figura 18. Software de mantenimiento	146
Figura 19. Ingreso al software.....	148
Figura 20. Pantalla principal del software	149
Figura 21. Selección de equipo para generar orden de trabajo	150
Figura 22. Pestaña de estado del plan de mantenimiento (PM Status)	150
Figura 23. Verificación de actividades para generar orden de trabajo.....	151
Figura 24. Pestaña de emisión de orden de trabajo.....	151
Figura 25. Selección de las actividades de mantenimiento.....	152
Figura 26. Generar orden de trabajo	152
Figura 27. Datos de opcionales para generar orden de trabajo	153
Figura 28. Agregar actividades de mantenimiento	153
Figura 29. Verificación del numero de orden de trabajo	154
Figura 30. Administrador de ordenes de trabajo.....	154
Figura 31. Pestaña para impresión de orden de trabajo	155

Figura 32. Pestaña de previsualización de la OT	155
Figura 33. Pestaña para selección de impresora o archivo digital	156
Figura 34. Ventana del administrador de equipos	156

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado teniendo en consideración las necesidades de la institución pública GADM Patate, enfocándose en la maquinaria pesada y vehículos livianos del parque automotriz de la institución, con el fin de brindar una herramienta práctica para el desempeño de las actividades de mantenimiento dentro del taller mecánico que permita mejorar la disponibilidad de los equipos para el desarrollo de los trabajos de campo tanto de la maquinaria pesada como de los vehículos livianos y por ende también alargar la vida útil de los mismos.

Como punto inicial del proyecto de investigación una vez realizado el procesamiento de datos del historial del taller mecánico de cada maquinaria y vehículo liviano, se ha llevado a cabo el cálculo de indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación, tasa de fallos, tasa de paralización y disponibilidad, que como punto de partida permite conocer el estado actual de cada unidad de maquinaria pesada y vehículos livianos del parque automotriz del GADM Patate.

Para determinar cuáles son los componentes mecánicos más proclives a sufrir fallos o daños se ha efectuado el análisis modal de fallos y efectos (AMFE), avalado por la NTP 679 misma que indica dentro de su contenido las directrices para la aplicación de esta metodología en los equipos. Se ha caracterizado los componentes críticos mediante el cálculo del índice de prioridad de riesgo, la norma menciona que los componentes asignados con una valoración mayor a 100 se considerará como crítico y se deberá tomar acciones de intervención o prevención.

El plan de mantenimiento se encuentra conformado por una bitácora de mantenimiento donde se detallan las actividades de mantenimiento preventivo considerando los componentes críticos y principales que configuran la maquinaria pesada y vehículos livianos, dentro de la bitácora de mantenimiento también se detalla la máquina, sistemas, componentes, actividades de mantenimiento, frecuencia en que se deben realizar las actividades. De esta manera se ha programado las tareas de mantenimiento durante un año de operación, todo esto con el fin de mejorar la disponibilidad y mantener en buen estado la maquinaria y vehículos.

Palabras clave: Mantenimiento, maquinaria, fallo, disponibilidad.

ABSTRACT

The present research work has been developed taking into consideration the needs of the public institution GADM Patate, focusing on heavy machinery and light vehicles of the automotive park of the institution, in order to provide a practical tool for the performance of maintenance activities within the mechanical workshop that allows to improve the availability of equipment for the development of field work of both heavy machinery and light vehicles and therefore also extend the useful life of the same.

As a starting point of the research project, once the data processing of the history of the mechanical workshop of each machinery and light vehicle has been carried out, the calculation of maintenance indicators such as the average time between failures, average repair time, failure rate, stop rate and availability has been carried out, which as a starting point allows to know the current status of each unit of heavy machinery and light vehicle of the GADM Patate automotive park.

To determine which mechanical components are more likely to suffer failures or damage, the modal analysis of failures and effects (AMFE) has been carried out, endorsed by the NTP 679, which indicates within its content the guidelines for the application of this methodology in equipment. The critical components have been characterized by calculating the risk priority index, the norm mentions that the components assigned with a rating greater than 100 will be considered critical and intervention or prevention actions must be taken.

The maintenance plan is made up of a maintenance log where the preventive maintenance activities are detailed considering the critical and main components that make up the heavy machinery and light vehicles, within the maintenance log the machine, systems, components, maintenance activities, frequency in which the activities should be carried out are also detailed. In this way, maintenance tasks have been scheduled for one year of operation, all this in order to improve availability and keep machinery and vehicles in good condition.

Keywords: Maintenance, machinery, failure, availability.

INTRODUCCIÓN

En la industria actual, tanto la coordinación del tiempo de la máquina como el compromiso humano con las tareas determinadas son activos muy importantes, por lo que el impacto del tiempo de inactividad no planificado es muy importante. La forma más efectiva de mitigar el tiempo de inactividad y su impacto en los procesos productivos es simplemente implementar una serie de actividades de mantenimiento de carácter preventivo o predictivo antes de que el tiempo de inactividad se vuelva inmanejable por las fallas que puedan existir o bien que el mantenimiento sea de carácter correctivo en caso de un tiempo de inactividad inesperado que afecte la disponibilidad de los equipos.

En la actualidad contar con un buen plan de mantenimiento es de gran importancia para empresas de gran alcance, así como para las medianas y pequeñas empresas, ya que con esta gestión se garantiza que los equipos funcionen de manera adecuada, y a su vez los mismos mantengan una alta disponibilidad durante el tiempo de vida útil. Tener programas de mantenimiento es una ventaja para las compañías, estos programas representan una inversión que a mediano y largo plazo generara ganancias, ya que se optimiza los trabajos y se mejora la calidad de los equipos.

Por ende, la aplicación del mantenimiento en la maquinaria pesada no es la excepción. Este tipo de maquinaria es importante para el desarrollo de actividades a gran escala ya que son utilizadas en el movimiento de tierra, carga y descarga de la misma, entre otros trabajos de infraestructura ya sea público o privado. Por lo que mantener a los equipos en óptimas condiciones conlleva un arduo trabajo. Esto también engloba a las instituciones gubernamentales quienes para llevar a cabo trabajos de infraestructura los entes a cargo tienen a su disposición maquinaria pesada que permite el progreso de estas obras civiles.

Para mantener una alta disponibilidad dentro de los equipos se tiene que tener en consideración un plan de mantenimiento donde se identifique la situación en la que se encuentran las maquinas, también una evaluación de los mismos para plantear las actividades que se deben llevar a cabo y tener un funcionamiento adecuado de la maquinaria.

En el presente proyecto de investigación, el plan de mantenimiento contiene una etapa inicial donde se conoce el estado actual de la maquinaria y vehículos mediante el porcentaje de disponibilidad, posteriormente esta la etapa de evaluación de los equipos donde la aplicación de la metodología AMFE permitirá identificar los componentes mecánicos más proclives a sufrir fallos dentro de la maquinaria pesada y vehículos, como última etapa esta la especificación de las actividades de mantenimiento preventivo. El objetivo base que se pretende con el plan de mantenimiento es detallar las tareas de mantenimiento preventivo que permitan tener tanto a la maquinaria pesada como los vehículos livianos operando el máximo tiempo posible dentro de su vida útil.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de Investigación

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL DE PATATE”

1.1.1. Planteamiento del Problema

El mantenimiento se ha convertido en un pilar fundamental dentro de las organizaciones o industrias que cuentan dentro de sus activos con maquinaria, equipos o sistemas. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el 2020, señaló que el avance de la tecnología ha logrado que el mantenimiento cobre un gran protagonismo pues la implementación de infraestructuras civiles más apegadas a los requerimientos de los usuarios, lo que ha producido que las empresas e industrias cuenten con equipos óptimos y eficientes. El uso de nuevas herramientas conforme ha ido avanzando la tecnología ha permitido la reducción de costos por mantenimiento en equipos o maquinaria [1].

Por ende, la aplicación del mantenimiento en la maquinaria pesada no es la excepción. Este tipo de maquinaria es importante para el desarrollo de actividades a gran escala ya que son utilizadas en el movimiento de tierra, carga y descarga de la misma, entre otros trabajos de infraestructura ya sea público o privado. Por lo que mantener a los equipos en óptimas condiciones es importante. La municipalidad de Trujillo, Perú determinó que poseer la información necesaria para la aplicación de un plan de mantenimiento es esencial, pues permite la toma de decisiones de una manera eficiente fundamentándose en datos que lo respaldan, por otro lado, no contar con un plan de mantenimiento provoca paradas no programadas de la maquinaria y en consecuencia el costo de mantener los equipos operativos y en condiciones óptimas aumenta [2].

Esto también engloba a las instituciones gubernamentales quienes velan por el desarrollo de la colectividad y la ciudadanía. Para llevar a cabo trabajos de

infraestructura los entes a cargo tienen a su disposición maquinaria pesada que permite el progreso de estas obras civiles. Es así como, el Consejo Provincial de Imbabura señaló que después de implementar un plan de mantenimiento, ha permitido que la maquinaria se mantenga operativa el tiempo máximo posible dentro de su vida útil y por ende se logró una reducción de los costos del equipo caminero en un 4% del monto anual que tiene la institución gubernamental para temas de mantenimiento [3].

Por otra parte, el tiempo de inactividad no planificado de la máquina, conlleva una pérdida de tiempo y dinero, que puede convertirse en un problema grave cuando el tipo de fallo ha comprometido partes sensibles del equipo y también ciertos aspectos claves que engloba el mantenimiento. En la actualidad, todos los proyectos de mantenimiento de maquinaria requieren una gestión eficiente y de un alto nivel de competencia, por lo que los entes gubernamentales del país tienen dificultades en este ámbito por el desconocimiento para un manejo técnico del mantenimiento que brinde resultados óptimos para la institución [4].

La Ilustre Municipalidad del cantón Patate tiene a disposición dentro de su parque automotor su equipo de maquinaria pesada y vehículos livianos, pero en la mayoría de los casos existen problemas, pues al no tener claro las actividades que se deben realizar para mantener operativos los equipos y además el no contar con herramientas que permitan llevar a cabo el mantenimiento de una forma programada, han provocado varios impactos dentro de la organización pues, la maquinaria presenta fallos con frecuencia y por ende la aplicación de un mantenimiento correctivo incrementa los costos de mantenibilidad. Cada vez realizar las actividades de mantenimiento se vuelven más complejas, pues la maquinaria entra al taller para mantenimiento en situaciones imprevistas y no tener programado las tareas de mantenimiento que se deben realizar recae en ocasiones en un largo paro de la maquinaria, lo que conlleva el retraso de trabajos programados por la municipalidad.

Un problema difícil que enfrenta la institución es la inconformidad de la colectividad ciudadana del cantón pues, al contar con un cierto número de maquinaria operativa y la otra parte en mantenimiento, ha colaborado para que algunas obras de infraestructura se mantengan en retraso o en el peor de los casos inconclusas. Esto debido a que en la mayoría de los casos se aplica mantenimiento correctivo y la falta

de estudios que permita llevar a cabo un mantenimiento de los equipos adecuado, eficiente y eficaz.

El problema que la presente investigación tratará es la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo, con el que se pueda trabajar a lo largo del tiempo dentro del patio automotriz del Ilustre Municipio del cantón Patate específicamente con la maquinaria pesada y vehículos livianos, que acarrea todas las consecuencias mencionadas anteriormente.

1.2. Antecedentes Investigativos

El mantenimiento está involucrado en todos los ámbitos, es así como un artículo de investigación realizado para la planta minera de cobre Ministro Hales, Chile, dentro de su contenido muestra la facilidad de implementar un plan de mantenimiento basándose principalmente en la confiabilidad del equipo apoyado por el método Análisis modal de fallos y efectos con criticidad, FMECA, con soporte de herramientas, las matemáticas y las estadísticas que brindan información más precisa sobre el estado del dispositivo e identifican vulnerabilidades y oportunidades de mejora como una prioridad, permitiendo de esta manera detallar las actividades de mantenimiento acorde a las necesidades de los equipos [5].

Otro artículo publicado en la revista Ingeniería Industrial menciona que, constantemente se buscan alternativas en términos de desarrollo y éxito en los departamentos a cargo de llevar a cabo el mantenimiento a los equipos. El método utilizado en el estudio se denomina Análisis de Modo de Fallo y Efecto (AMFE), que tiene como objetivo identificar las partes más críticas de los equipos permitiendo así mejorar la cobertura del tiempo de servicio en situaciones delicadas del producto o equipo, justificando las mejoras y logrando la mayor interacción posible de las personas dentro de la organización combinado con el mantenimiento [6].

El constante desarrollo de la tecnología ha dado campo a que se abran nuevas metodologías, herramientas, formas de ver como el mantenimiento puede ser aplicado en diferentes situaciones y como puede adaptarse a los diferentes campos industriales y organizaciones. El artículo publicado en la revista Ecorfan de Nicaragua, muestra dentro de su investigación como el mantenimiento ha venido abriendo nuevos campos

de conocimiento entre ellos, la fiabilidad que se encarga de velar de que el equipo a lo largo de su ciclo de vida cumpla con la función a la que fue creado, la mejora continua, trabajo en equipo dentro de toda la organización y un manejo sistematizado de la información que permita la gestión óptima del mantenimiento dentro de los equipos [7].

Un recurso imprescindible dentro de las organizaciones que se dedican a la construcción de infraestructura es la maquinaria pesada, por lo que un estudio publicado en la revista IRE Journals muestra las directrices para el desarrollo de un plan de mantenimiento y como este ayuda a reducir los costos. También menciona que la planificación del mantenimiento conlleva a duplicar los beneficios de operación dentro de una organización, por otro lado, planificar y preparar el trabajo de mantenimiento de una forma eficiente permitirá una mayor fiabilidad, confiabilidad, un mayor rendimiento operativo de los equipos [8].

Los ambientes hostiles donde se desempeñan este tipo de maquinaria conllevan a reducir el ciclo de vida efectivo del equipo. El mantenimiento ha tomado un papel fundamental ante situaciones de retraso en los trabajos de infraestructura pues el manejo ineficiente e ineficaz de los procedimientos ha incidido directamente en el manejo operativo de los equipos. Herramientas como los 5 porque, análisis de Pareto, metodología AMFE, permitieron la identificación de situaciones anormales que suceden dentro de la maquinaria, proponiendo así un modelo que conlleva una lista de verificación y un programa de mantenimiento adecuado, adaptado a las características y necesidades de este tipo de mecanismos [9].

El cálculo de variables como la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad es parte importante dentro de un plan de mantenimiento. Dentro de las empresas constructoras ha permitido identificar las maquinas más críticas dentro de la flota que constituye su equipo de trabajo, un estudio realizado dentro de la industria constructora se presentó un plan de mantenimiento preventivo adecuado, tomando en cuenta las horas de manual para realizar las actividades de mantenimiento por lo que, cuyos resultados indicaron que los costes se reducen debido a la aplicación del mantenimiento preventivo [10].

Un artículo de investigación lleva a cabo un análisis a los activos de transporte de hidrocarburos dentro del Ecuador, esto con el fin de disminuir costos de mantenimiento, además prevenir paros de producción por el daño de cierto activo. También se enfoca en la recolección de datos para tener un mejor panorama del estado actual de los equipos, con el propósito de reconocer las causas visibles dentro de los equipos y actuar de forma adecuada ante ciertos casos. Entre los resultados de la investigación se presentan el diagnóstico e identificación de las causas de fallo dentro de los equipos que posteriormente permitirá aplicar un programa de mantenimiento con el fin de reducir el mantenimiento correctivo dentro de la organización [11].

Otro artículo de investigación realizado en dentro de una empresa minera tiene como propósito identificar los diferentes inconvenientes que tiene la maquinaria dentro de los trabajos de explotación minera como tal. Se han utilizado técnicas como el estudio de caso que conlleva la investigación de campo, dando como resultados los diferentes índices de productividad tanto de maquinaria de transporte, excavación, carga y descarga y buldócer. Como conclusión este artículo presenta que el resultado de los bajos índices de productividad de las máquinas se debe a que existe varios problemas con el cumplimiento del programa de mantenimiento lo que conlleva a tardía toma de decisiones que incurre en pérdidas para la empresa [12].

Una investigación efectuada a la flota de camiones Komatsu 730e, menciona que todo equipo, máquina, maquinaria es productivo solo si trabaja bajo el mínimo de fallas. Dentro de este artículo se ha llevado a cabo un estudio del estado actual de los equipos para así determinar el nivel de relación entre el programa de mantenimiento preventivo dentro de la disponibilidad de cada equipo a través de indicadores como la disponibilidad entre otros. Como resultado final se obtiene que la disponibilidad de los equipos tiene un 80% de relación con el cumplimiento del programa de mantenimiento [13].

Otra investigación realizada en los talleres del centro CIES Sena Norte de Santander, Colombia muestra como llevara a cabo un diseño de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria industrial, este centro busca fortalecer a los trabajadores de las empresas en conocimientos de mantenimiento de equipos. Dentro del contenido del artículo se presenta las etapas para el diseño de un plan de mantenimiento, en la

primera etapa se ha categorizado y recolectado información de cada uno de los equipos, la segunda etapa consta de la clasificación de los equipos ya sea por su área de trabajo o tipo de maquinaria, en la tercera se realiza la aplicación de la metodología AMFE a los equipos que se consideren más críticos o son más propensos a sufrir fallas y al final después de haber identificado los tipos de fallos se procede a detallar las actividades de mantenimiento recomendadas por el fabricante o por expertos, creando cronogramas que permitan la correcta implantación del programa de mantenimiento buscando en si la mejora continua de los equipos y por ende el aumento de la disponibilidad de los mismos [14].

La investigación titulada modelo de diagnóstico, planificación y control del mantenimiento detalla que un aspecto importante dentro del mantenimiento es el análisis para la gestión de los activos, pues con los indicadores que se generan dentro de dicho análisis se logra detectar, calcular y emplear los recursos necesarios para la aplicación del mantenimiento. Otra ventaja de llevar a cabo los análisis para la gestión de los activos dentro de esta investigación es que permitió desarrollar programas de mantenimiento que sin de ayuda para una correcta toma de decisiones dentro de la gestión de los activos [15].

La investigación llevada a cabo en la municipalidad de Martí esto en Colombia, menciona entre su contenido que la gestión del mantenimiento es deficiente dentro de la cooperativa Unidad Básica de Producción específicamente a las máquinas agrícolas que allí se utilizan. Como conclusión final detalla que se ha logrado la gestión de 32 máquinas a las que se han determinado un plan de mantenimiento para cada máquina, se detallaron tareas de mantenimiento y la frecuencia a la que se debe llevar a cabo cada actividad [16].

El artículo titulado como programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para optimizar la disponibilidad operacional de la maquina con mayor criticidad, ha desarrollado un programa de mantenimiento para lo cual ha tomado información histórica y también información que permitió saber el estado actual de los equipos en estudio, los componentes más críticos identificados son bocinas, rodamientos, zapatas de freno, ejes de transmisión, bocinas de alimentación eléctrica. Con la aplicación de la matriz AMFE se ha identificado los fallos más ocurrentes en los equipos, detallando

como resultado final las actividades de mantenimiento que se deben realizar entre ellas el 90% son tareas preventivas y el 10 % tareas correctivas [17].

En una publicación realizada en la revista Project, Design and Management, la investigación desarrollada muestra un análisis de datos realizados a equipos como basculas mecánicas, tolvas, malacates y esterilizadores. El análisis de los datos arrojó como resultado que se llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo y predictivo para partes de las basculas mecánicas y malacates, tolvas y esterilizadores respectivamente, esto con el propósito de determinar un plan de mantenimiento atendiendo todas las necesidades de los equipos generando beneficios como la disponibilidad y seguridad de los equipos dentro de la empresa [18].

Un artículo publicado por la escuela de posgrados de la fuerza aérea de Colombia, ha diseñado y ha implementado un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Granitos y Mármoles Acabados. Como resultados contemplan dentro de su contenido fichas técnicas de todos los equipos, además se ha realizado la implementación de la metodología AMFE para identificar las formas de fallo que se presentan en los equipos, esto con único fin de determinar acciones de mantenimiento preventivo y así optimizar los tiempos generando buenas prácticas de mantenimiento que van en beneficio de la empresa u organización [19].

1.3.Fundamentación Teórica

1.3.1. Mantenimiento

Históricamente el mantenimiento se ha definido como todas las actividades que se llevan a cabo con el fin de mantener a los equipos operativos el mayor tiempo posible de su vida útil. A medida que avanza la tecnología, las instalaciones están equipadas con sistemas cada vez más complejos y especializados, con grandes líneas de producción, provocando la paralización de dicho sistema importantes pérdidas económicas. Por lo tanto, la importancia del mantenimiento surge de la necesidad de una estructura que pueda restablecerse rápidamente a las condiciones ideales de operación, para mantener las pérdidas de producción al mínimo.

Desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento industrial, su finalidad principal es el mantenimiento del servicio. Es decir, el equipo se mantiene para garantizar que la función que realiza en el sistema de producción se cumpla eficazmente. El objetivo principal de realizar mantenimiento a los equipos es “Mantener los componentes del sistema de producción en las condiciones de operación deseadas, con el mejor rendimiento posible y a costos mínimos” [20].

1.3.2. Importancia del Mantenimiento

El mantenimiento se considera una actividad necesaria para asegurar la disponibilidad de equipos, edificios e instalaciones. Mantener la herramienta física en buenas condiciones de trabajo depende en gran medida de ello. El mantenimiento debe considerarse una parte integral y vital de la organización que gestiona una fase operativa. A si también el personal humano a cargo del mismo, si queremos optimizar esto quiere decir, gastar menos para hacer lo mismo o más, actualmente el factor más importante es el recurso humano, el punto en el que debemos centrar nuestra atención, buscar el ahorro que haga más competitiva a la empresa.

La falta de un mantenimiento adecuado o no tener claras las actividades que son necesarias para llevar a cabo el mismo, pueden generar situaciones peligrosas y problemas de operatividad con el equipo. El riesgo laboral se define como la posibilidad de que un trabajador sufra algún daño causado por el trabajo. El mantenimiento es inherentemente más riesgoso que otras actividades dentro de las organizaciones. En la mayoría de las operaciones, el riesgo inherente suele estar completamente identificado, por lo que debe hacerse de forma segura. Es decir, se debería contar con personal especializado de mantenimiento [21].

1.3.3. Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento es importante dentro de los equipos, maquinaria, infraestructura. El objetivo sustancial del mantenimiento industrial es asegurar la producción de todos los procesos industriales, mantener la calidad y el buen funcionamiento de los equipos, prolongando su vida de utilidad [20]. Por lo tanto, algunos de los objetivos más importantes de aplicar mantenimiento son los que se muestran a continuación:

- Evitar los paros imprevistos.

- Reducir o eliminar la frecuencia de fallos.
- Aumentar el nivel de seguridad de los operarios.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Prolongar el tiempo de operatividad de los equipos.
- Conservar los equipos en condiciones óptimas.
- Mitigar la incidencia de los fallos.

1.3.4. Tipos de Mantenimiento

Teniendo claro todo lo que conlleva el mantenimiento, se detallan los tres tipos básicos de mantenimiento que son aplicados dentro de las organizaciones, éstos son:

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se enfoca en dar atención a los problemas a medida que ocurren. El responsable de reportar la falla es el usuario del equipo y el responsable de la reparación es el personal de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento se puede realizarlo de diferentes formas ya sea por mantenimiento de campo (mantenimiento no programado) o por mantenimiento de reparación (mantenimiento programado) [22].

La diferencia entre estos dos es que mientras que el mantenimiento de campo trata de reparar el defecto tan pronto como ocurre, el mantenimiento de reparación se trata de reparar el defecto cuando el personal, las herramientas y el equipo están disponibles, la información y los materiales necesarios y también el tiempo para realizar la reparación se adapta a las necesidades de la producción [23].

Etapas del mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es llevado a cabo por personas especializadas para eliminar o mitigar el mal funcionamiento de los equipos o máquinas. Su finalidad es restaurar los activos de la empresa al buen funcionamiento y al rendimiento previsto. El mantenimiento correctivo es también llamado en ocasiones mantenimiento reactivo porque se sucede como respuesta cuando ya ha ocurrido una falla en la máquina [24][25].

La mayor desventaja que se tiene con este tipo de mantenimiento es que el operario descubre la falla en el momento en que la máquina falla, por lo general parando la producción; ya sea en el arranque o durante la operación, es decir se presenta de forma imprevista, súbita y no deseada. En este tipo de mantenimiento la parada o detención de la máquina, equipo o proceso es evidente, siendo necesaria una intervención para solucionar un mal funcionamiento que ya se ha producido, en este caso ya sea en estructuras físicas, maquinaria, herramientas, sistemas, procedimientos o equipos [26].

A continuación, se presentan cinco etapas al momento de efectuar un mantenimiento correctivo:

- **Detección de la falla.** – Encontrar algún problema que ha suscitado en el equipo, proceso, herramienta o sistema.
- **Ubicar la falla.** – Localización del lugar en donde se ha producido la falla.
- **Diagnosticar la falla.** – Se requiere la identificación o determinar la causa por la que ha suscitado la falla perjudicando el funcionamiento del equipo.
- **Tareas de reparación.** – Consiste en llevar a cabo las actividades de reparación de la falla.
- **Pruebas y observaciones de funcionamiento.** – Se realizan pruebas de funcionamiento buscando el desarrollo normal y para el que fue diseñado el equipo.

La **figura 1** presenta las etapas a seguir en la aplicación del mantenimiento correctivo.

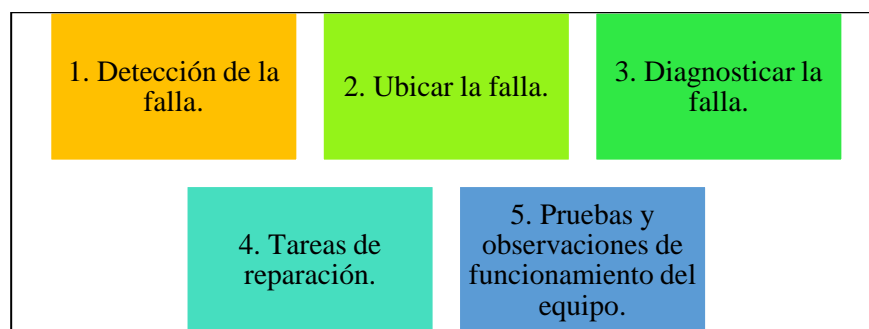


Figura 1. Etapas del mantenimiento correctivo [25]

Dentro de todo lo que conlleva aplicar un mantenimiento correctivo a los equipos, se pueden detallar ventajas y desventajas que se presentan, a continuación:

Ventajas del Mantenimiento Correctivo

- Si el equipo está preparado, la intervención en caso de avería se produce rápidamente y los reemplazos en la mayoría de los casos se realizarán en un tiempo mínimo.
- No se requiere infraestructura redundante, un grupo de operadores competentes será suficiente, por lo que los costos de mano de obra serán mínimos, la experiencia y los conocimientos del operador tendrán prioridad sobre el análisis ejecutivo de competencia o el tipo de problema de investigación que se quiera realizar.
- Es rentable en equipos que no interfieren inmediatamente con la producción, donde montar otro sistema no sería económico [20].

Desventajas del Mantenimiento Correctivo

- El tiempo de inactividad imprevisto y los daños en la producción afectan la planificación de manera significativa.
- Tiende a producir reparaciones de mala calidad por la rapidez de intervención y la priorización del reemplazo antes que la reparación permanente, lo que genera hábitos de trabajo defectuosos, ya que este tipo de interferencias muchas veces crea otras con el tiempo por mala reparación [20].

Mantenimiento Preventivo

Es un conjunto de actividades que posibilitan económicamente la operación segura y eficiente de los equipos, con tendencia a evitar fallas imprevistas. Estos son trabajos planificados sistemáticamente con anticipación. Como su nombre lo indica, el mantenimiento preventivo está diseñado con la idea de predecir y anticipar fallas en máquinas y equipos, utilizando una amplia gama de datos sobre diferentes sistemas y subsistemas, e incluso todas las partes.

Se puede decir que el mantenimiento preventivo consiste en programar procedimientos o cambiar algún componente o pieza a intervalos predeterminados o según eventos normales tales como horas de trabajo, kilómetros recorridos, etc [27]. El propósito de este tipo de mantenimiento es reducir la probabilidad de falla de la máquina o equipo o la degradación del rendimiento para maximizar así la vida útil del elemento sujeto a falla.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es reducir el tiempo de inactividad inesperado debido a fallas, lo cual es una gran ventaja en los procesos de fabricación continuos. Sin embargo, esta estrategia solo se recomienda cuando la condición de las piezas o componentes a reemplazar no se puede conocer a partir de inspecciones o monitoreo continuo. Si las piezas se cambian solo en función de criterios de tiempo de trabajo, se corre el riesgo de programar trabajos innecesarios para la reparación de máquinas. Al planificar una actividad de mantenimiento, siempre debemos preguntarnos si lo estamos haciendo "solo por inercia" o si realmente reconocemos el valor de esta actividad [27].

Etapas del mantenimiento preventivo

Las acciones de mantenimiento no deben limitarse exclusivamente a intervenir los equipos mediante trabajos de conservación, si no también buscar la mejora continua de los procesos productivos, tomando en consideración siempre los intereses y el desarrollo de la organización [28]. A continuación, se detallan las etapas del mantenimiento preventivo.

- **Preparación de la intervención:** Esta etapa consiste en la identificación, localización, evaluación, autorización y establecimiento de los medios para poder efectuar las acciones de mantenimiento. Finalmente, la consignación de las acciones de mantenimiento que consiste en implantar el grupo de tareas necesarias para conservar el equipo y evitar cualquier cambio imprevisto en su estado.
- **Intervención en el equipo:** Llevar a cabo las actividades de mantenimiento propias a cada equipo estas pueden ser reparaciones, revisiones, inspecciones, tareas de control, entre otras.
- **Registro del fallo en el historial del equipo:** Consiste en registrar a todo lo acontecido con el fallo, esto con el fin de mantener información documentada que sirva de análisis para futuros estudios [29].

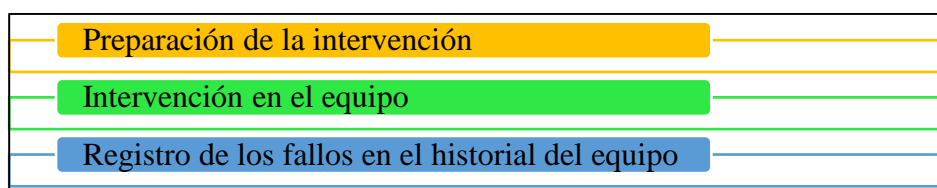


Figura 2. Etapas del mantenimiento preventivo [29]

Ventajas del mantenimiento preventivo

Algunas de las ventajas de este mantenimiento frente a los otros tipos de mantenimiento son las siguientes:

- Ayuda a reducir la frecuencia del tiempo de inactividad aprovechando la oportunidad de realizar varias reparaciones a la vez.
- Aprovechar el momento más conveniente, tanto de producción como de mantenimiento, para realizar las reparaciones.
- Preparar y suministrar las herramientas y repuestos necesarios.
- Distribuir de forma más equitativa el trabajo de mantenimiento, evitando picos de trabajo y optimizando la plantilla.
- En muchos casos, evitar fallas mayores por fallas menores, especialmente fallas de los sistemas de seguridad [27].

Desventajas del mantenimiento preventivo

- Representa la inversión inicial en infraestructura y recursos humanos. El desarrollo de los planes de mantenimiento debe ser realizado por técnicos especializados.
- Sin un análisis adecuado de los niveles de mantenimiento preventivo, los costos de mantenimiento pueden inflarse sin una mejora significativa en la disponibilidad.
- Las tareas rutinarias, al alargarse en el tiempo, generan desmotivación en los empleados [27].

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo evalúa el estado de los equipos y recomienda intervenir o no en función de su estado, lo que genera grandes ahorros. El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas instrumentales de medición y análisis de variables que ayudan a describir el estado operativo de las máquinas en términos de posibles fallos. Su misión principal es optimizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos a un costo representativamente menor [20].

Su finalidad es conocer y reportar constantemente el estado y funcionalidad de la máquina, revisando los valores de algunas variables que representan dicho estado y funcionalidad. Por lo que este tipo de mantenimiento se encarga de detectar variables físicas tales como temperatura, vibraciones, consumo energético de los equipos, etc.

Cuyos cambios indican posibles problemas en el dispositivo. Este mantenimiento es de carácter más minuciosos y tecnológico, ya que requiere de herramientas técnicas avanzadas [30].

Etapas del mantenimiento Predictivo

Para llevar a cabo un plan de mantenimiento predictivo, se tiene que identificar sus tres etapas fundamentales, se detalla cada una de ellas a continuación:

- **Detección:** Esta es la etapa de recopilación de datos en la maquinaria, que nos ayuda a identificar problemas en ciertos puntos del equipo. Los datos tomados se utilizan a menudo para analizar las posibles causas del problema.
- **Análisis:** Constituye analizar el problema identificado en la primera fase. En este caso tenemos que ir al equipo y obtener más datos que nos ayuden a encontrar la causa del cambio de estado.
- **Corrección:** Consiste en eliminar el fallo detectado y analizado [30].

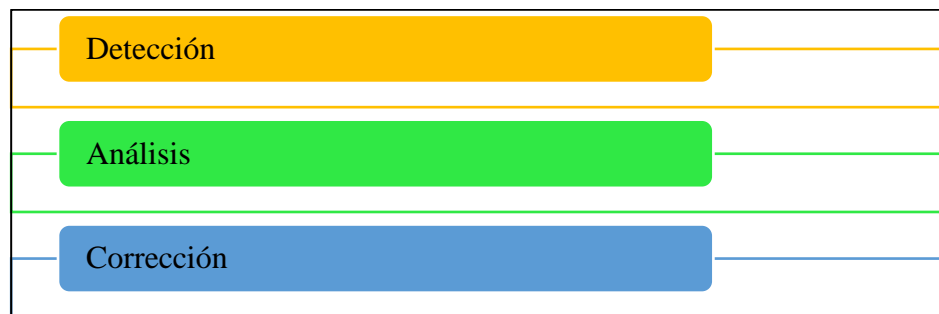


Figura 3. Etapas del mantenimiento predictivo [30]

Al aplicar un mantenimiento predictivo a los equipos, se deducen ventajas y desventajas, estas se las detalla a continuación:

Ventajas del Mantenimiento Predictivo

- Intervenir en la máquina o cambiar un elemento.
- Requiere que dominemos el proceso y tengamos algunos datos técnicos, que nos comprometan con un método de trabajo científico, objetivo y riguroso [20].

Desventajas del Mantenimiento Predictivo

- El establecimiento de un sistema de este tipo requiere una gran inversión de capital inicial y costosos equipos y analizadores de vibraciones. De la misma manera, se

debe asignar un empleado para realizar lecturas periódicas de datos.

- Debe contar con personal capaz de interpretar los datos generados por el dispositivo y sacar conclusiones, trabajo que requiere un alto nivel de conocimiento técnico de la aplicación.
- Por todas estas razones, tiene sentido implementar este sistema en máquinas o instalaciones, donde el tiempo de inactividad innecesario generaría costos significativos [20].

Mucha bibliografía destaca que el mantenimiento predictivo nace del mantenimiento preventivo ya que este se encarga de analizar más a profundidad a los equipos y que permiten adelantarse a cualquier tipo de fallo, mediante herramientas como sensores, análisis termográficos, acelerómetros, análisis de vibraciones, entre otros. Esto con el fin de conservar y proteger al equipo [20]. Teniendo en que se podría considerar al mantenimiento predictivo como una clase mejorada del mantenimiento preventivo, a continuación, se detallan algunas diferencias entre estos dos tipos de mantenimiento.

Tabla 1. Diferencias entre Mantenimiento Preventivo y Predictivo [20]

Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Predictivo
Inicia en el momento que se lo requiera	Recopilación de datos para su inicio
Mantenimiento de bajo costo	Mantenimiento de alto costo
Destaca acciones para prevenir el fallo	Analiza datos históricos para pronosticar la próxima falla
Destaca acciones para prevenir el fallo sin sustitución	Puede pronosticar los costos de mantenimiento y permitir elegir el más factible
Planificación del mantenimiento con anticipación	Planificación del mantenimiento con menos tiempo o improvisado
Requiere realizar inspecciones, revisiones y verificaciones rutinarias	Requieren de herramientas externas que permitan el monitoreo del equipo
Permite una gran reducción de paradas	Reduce al mínimo el tiempo de parada
Se lleva a cabo mediante un programa de actividades	Se lo requiere en equipos y componentes más críticos
Actuación establecida por el manual del fabricante o personal de mantenimiento	Revisiones periódicas al equipo

Además, de estos 3 tipos de mantenimiento que la mayoría de autores consideran básicos, también se revisan otros tipos de mantenimiento complementarios, clasificados en base a ciertas características y tareas que se incluyen dentro de los mismos.

Mantenimiento Overhaul

El mantenimiento overhaul o también conocido como cero horas, es un conjunto de tareas, procedimientos, inspecciones de mantenimiento cuyo objetivo es realizar una revisión periódica el equipo antes de que ocurra alguna falla o cuando la confiabilidad del equipo haya disminuido significativamente. Esta conlleva a dejar el dispositivo a cero horas, es decir, como si fuese de fábrica. En estas revisiones se reemplazan o reparan todos los elementos desgastados. Está destinado a garantizar, con alta probabilidad, el tiempo de funcionamiento correcto [31]. Por lo que se pueden definir ciertas ventajas y desventajas que el mantenimiento Overhaul presenta al momento de ser aplicado, estas son las siguientes:

Ventajas del Mantenimiento Cero horas

- Permite a la organización ahorrar gastos al largo plazo por temas de reparaciones y cambio de maquinaria.
- Evita que la empresa tenga que invertir en nueva maquinaria.
- Disminución de costos por mano de obra, pues solo se toman en cuenta las actividades esenciales.
- Genera mejoras en el rendimiento de la maquinaria [31].

Desventajas del Mantenimiento Overhaul

- Los tiempos de reparación de los equipos podrían convertirse en extensos debido a la clase de equipo intervenido.
- Personal técnico altamente capacitado [31].

Mantenimiento Legal

En las tareas de mantenimiento, hay un grupo muy especial que ni el dueño de la empresa, el técnico de mantenimiento, ni el fabricante del equipo pueden decidir, son

las tareas especificadas por las normas legales por supuesto, es obligatorio cumplimiento. Este grupo de tareas a menudo se denomina mantenimiento legal. Cierta maquinaria o equipos están regulados o reglamentados por entes gubernamentales. Si es un dispositivo que supone un riesgo para las personas o el medio ambiente. El ente gubernamental exige la realización de una amplia gama de tareas, pruebas y controles, e inclusive ciertas actividades deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas y certificadas para desarrollar el trabajo [32].

Aplicar este tipo de mantenimiento brinda ciertas ventajas, así como también desventajas, que se las describe a continuación, estas son las siguientes:

Ventajas del mantenimiento legal

- Mejor control de las tareas de mantenimiento.
- Mayor responsabilidad para realizar los trabajos en los plazos establecidos por el marco legal.
- Seguridad absoluta para realizar actividades de mantenimiento [32].

Desventajas del mantenimiento legal

- Si se ha incumplido con ciertas regularizaciones, las sanciones serán altas para la organización.
- Personal especializado para este tipo de mantenimiento [32].

A continuación, en la **tabla 2** se presentan ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento anteriormente detallados.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de tipos de mantenimiento [33]

Ventajas de los tipos de mantenimiento	
Mantenimiento Correctivo	
▪	La intervención en el equipo se produce de manera rápida.
▪	No necesita de grandes recursos, un técnico de mantenimiento experto será suficiente lo que disminuirá el coste por mano de obra.
▪	Es aplicable y rentable en equipos que no intervienen dentro de una cadena de producción.
Mantenimiento Preventivo	
▪	Reduce de forma significativa el tiempo de inactividad del equipo por reparaciones.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se realizan labores de mantenimiento en tiempos que no afectan a la producción diaria.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prepara y suministra las herramientas y repuestas para las labores de mantenimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribución de manera equitativa la carga de trabajo de forma que se optimiza la plantilla.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevención de fallas mayores por fallas de fácil reparación.
	Mantenimiento Predictivo
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intervención en el equipo para anticiparte a los hechos.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insta a dominar el tema para generar resultados exitosos al aplicar las labores de mantenimiento.
	Mantenimiento Overhaul
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite a la empresa eliminar ciertos gastos a largo plazo debido al reemplazo y cambio de equipo.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ayuda a que la empresa no invierta en la adquisición de una nueva máquina.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de costos por labores de mantenimiento solo se toman en cuenta las tareas esenciales para el mantenimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brinda mejoras en el rendimiento del equipo o maquinaria.
	Mantenimiento Legal
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimiza el control de las actividades de mantenimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insta al personal a mantener una responsabilidad continua para realizar las tareas de mantenimiento en los plazos establecidos.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brinda una seguridad altamente efectiva para realizar las labores de mantenimiento.
	Desventajas de los tipos de mantenimiento
	Mantenimiento Correctivo
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La inactividad del equipo afecta de manera importante en la planificación de la producción.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En la mayoría de los casos las reparaciones son de mala calidad debido a la rapidez de actuación ante el fallo.
	Mantenimiento Preventivo
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inversión inicial significativa ya que se requiere las herramientas y personal especializado para llevar a cabo las labores de mantenimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si no se lleva a cabo un análisis de mantenimiento de los activos los costos tienden a aumentar sin aprovechar la disponibilidad del equipo lo máximo posible.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tareas rutinarias a lo largo del tiempo tienden a generar desmotivación en los trabajadores.
	Mantenimiento Predictivo
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere de una inversión inicial grande para la adquisición de materiales y herramientas necesarias para el mantenimiento.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere de personal capaz y especializado lo que genera costos extras dentro de la organización.
	Mantenimiento Overhaul
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los tiempos de reparación podrían alargarse debido a la intervención en equipos complejos de llevar a cabo las labores de mantenimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El personal de mantenimiento debe ser altamente capacitado.
	Mantenimiento Legal
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sanciones de gran escala por el incumplimiento de ciertas normas o leyes.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personal técnico especialista para llevar a cabo las labores de mantenimiento.

1.3.5. Modelos de Mantenimiento

Un modelo de mantenimiento es una combinación de varios de los tipos de mantenimiento analizados anteriormente y que en proporciones diferentes (de acuerdo al tipo, tamaño, política y rama industrial de producción) serán aplicados en cada industria u organización, para de forma única y particular satisfacer de la manera más eficiente las necesidades requeridas. A continuación, se detallan los principales modelos de mantenimiento que se pueden encontrar:

Modelo Correctivo

Este modelo es el más básico e incluye, además de las revisiones visuales y de engrase mencionadas anteriormente, la reparación de los desperfectos que se presenten. Como veremos, se aplica a dispositivos menos importantes, incidencias que no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. Para este tipo de dispositivos no es rentable consumir más recursos ni esfuerzo [33].

Este modelo de mantenimiento está inmerso dentro del mantenimiento industrial, ya que se realiza solo cuando ocurre un mal funcionamiento de la máquina o equipo. Se sigue utilizando, pero en menor medida y en muy pocas industrias en donde no se cuenta con recursos de gran magnitud. El modelo correctivo se define como la actividad humana realizada sobre los recursos físicos de una empresa cuando estos equipos o maquinaria deja de brindar el óptimo servicio esperado debido a una falla [34].

Por lo tanto, este modelo abarca las siguientes actividades de mantenimiento:

- **Inspecciones visuales al equipo:** La inspección visual es el método más versátil que se utiliza habitualmente en la inspección de superficies expuestas, ensamblajes o productos terminados, para determinar la integridad, la totalidad de una parte de un equipo.
- **Lubricación del equipo:** La lubricación es una actividad de mantenimiento, por lo tanto, evita la fricción entre dos piezas mecánicas. La lubricación puede realizar mediante grasa especial para este tipo de actividad, etc.
- **Reparo de los fallos del equipo:** Arreglo o el cambio total de cierto componente que presenta problemas en el funcionamiento del equipo. Es aplicable a los equipos que son reparables y, después de un cierto período y número de reparaciones, el equipo llega al final de su vida útil y se reemplaza posteriormente.

Modelo Condicional

Incluye las actividades del modelo anterior y, además, la ejecución de una serie de pruebas o test que facilitarán las actividades posteriores. Si, después de la prueba, encontramos una anomalía, planificaremos intervenir; si, por el contrario, todo es correcto, no realizaremos ninguna actividad de mantenimiento [33].

Es aplicable a aquellos equipos donde su operación no es constante o en equipos que conllevan una baja probabilidad de ocurrencia de fallos. Las actividades de mantenimiento que conlleva este modelo de mantenimiento son las siguientes:

- **Inspecciones visuales al equipo:** La inspección visual es el método más versátil que se utiliza habitualmente en la inspección de superficies expuestas, ensamblajes o productos terminados, para determinar la integridad, la totalidad de una parte de un equipo.
- **Lubricación del equipo:** La lubricación es una actividad de mantenimiento, por lo tanto, evita la fricción entre dos piezas mecánicas. La lubricación puede realizar mediante grasa especial para este tipo de actividad, etc.
- **Mantenimiento Condicional:** Tiene como objetivo resaltar, lo antes posible, los defectos, desviaciones o síntomas de fallo que aparecen en las partes o componentes de los equipos en servicio antes de que falle su función, utilizando

herramientas o pruebas no destructivas priorizando así el daño al trabajo o la producción.

- **Reparo de los fallos del equipo:** Arreglo o el cambio total de cierto componente que presenta problemas en el funcionamiento del equipo. Es aplicable a los equipos que son reparables y, después de un cierto período y número de reparaciones, el equipo llega al final de su vida útil y se reemplaza posteriormente.

Modelo Sistemático

Este modelo abarca un conjunto de tareas que realizaremos independientemente del estado del dispositivo; También realizaremos mediciones y comprobaciones para decidir si estamos realizando otras tareas más importantes; y finalmente, resolveremos los fallos que surjan. Es de gran aplicación en dispositivos de media disponibilidad, de cierta importancia en los sistemas de producción y su falla genera ciertos inconvenientes [33].

Para decir que se está llevando a cabo, un modelo sistemático de mantenimiento debería contener las siguientes actividades:

- **Inspecciones visuales al equipo:** Es el método más versátil que se utiliza habitualmente en la inspección de superficies expuestas, ensamblajes o productos terminados, para determinar la integridad, la totalidad de una parte de un equipo.
- **Lubricación del equipo:** Es una actividad de mantenimiento, por lo tanto, evita la fricción entre dos piezas mecánicas. La lubricación puede realizarse mediante grasa especial para este tipo de actividad, etc.
- **Mantenimiento preventivo:** Actividades de examinar sistemáticamente equipos o instrumentos de cualquier tipo ya sean mecánicos, sistemas electrónicos, entre otros. Contra ciertos criterios para evitar fallas por uso, desgaste o tiempo de vida útil.
- **Mantenimiento Condicional:** Tiene como objetivo resaltar, lo antes posible, los defectos, desviaciones o síntomas de fallo que aparecen en las partes o componentes de los equipos en servicio antes de que falle su función, utilizando herramientas no destructivas priorizando así el daño al trabajo o la producción.

- **Reparo de los fallos al equipo:** Arreglo o el cambio total de cierto componente que presenta problemas en el funcionamiento del equipo. Es aplicable a los equipos que son reparables y, después de un cierto período y número de reparaciones, el equipo llega al final de su vida útil y se reemplaza posteriormente.

Modelo de Alta Disponibilidad

Este modelo se aplica a equipos que no pueden dañarse o funcionar mal en ninguna circunstancia. Estos son los equipos que también deben tener un nivel de seguridad de funcionamiento muy alto, por encima del 90%. En general, la razón de esta alta disponibilidad es el alto costo de producción de la avería. Con tal necesidad, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera una parada por completo de la maquinaria [33].

Este modelo de mantenimiento abarca las siguientes actividades, para mantener al equipo con un nivel alto de disponibilidad:

- **Inspecciones visuales al equipo:** Es el método más versátil que se utiliza habitualmente en la inspección de superficies expuestas, ensamblajes o productos terminados, para determinar la integridad, la totalidad de una parte de un equipo.
- **Lubricación del equipo:** Es una actividad de mantenimiento, por lo tanto, evita la fricción entre dos piezas mecánicas. La lubricación puede realizar mediante grasa especial para este tipo de actividad, etc.
- **Reparación de Averías en el equipo:** Arreglo o el cambio total de cierto componente que presenta problemas en el funcionamiento del equipo. Es aplicable a los equipos que son reparables y, después de un cierto período y número de reparaciones, el equipo llega al final de su vida útil y se reemplaza posteriormente.
- **Mantenimiento Condicional:** Tiene como objetivo resaltar, lo antes posible, los defectos, desviaciones o síntomas de fallo que aparecen en las partes o componentes de los equipos en servicio antes de que falle su función, utilizando herramientas o pruebas no destructivas priorizando así el daño al trabajo o la producción.
- **Mantenimiento Sistemático:** Actividades de examinar sistemáticamente equipos

o instrumentos de cualquier tipo ya sean mecánicos, sistemas electrónicos, entre otros. Contra ciertos criterios para evitar fallas por uso, desgaste o tiempo de vida útil.

- **Puesta a cero del equipo, parada programada:** Es un conjunto de tareas con fin de revisar periódicamente los equipos antes de que ocurra alguna falla o cuando la confiabilidad del equipo ha decaído de manera tan significativa que hacer una predicción de la capacidad de su producción es muy complejo.

1.3.6. Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento son todas las acciones necesarias y llevadas a cabo con el fin de tener a los equipos en un estado de operatividad, manteniendo la funcionalidad para la cual fue diseñado el equipo, maquina, herramienta, proceso o sistema. Dentro de la gestión del mantenimiento se encuentran elementos importantes entre ellos están el análisis de los equipos, evaluación de los equipos, planificación y programación de las actividades de mantenimiento [30].

El análisis de los equipos permite identificar los fallos que aparecen y que han ocasionado cierta repercusión dentro de un proceso o sistema. Un análisis recaba información del equipo para posteriormente cuantificarlos y mostrarlo mediante indicadores de mantenimiento como la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad que más adelante están detallados [33].

1.3.7. Indicadores del Mantenimiento

La gestión del mantenimiento permite llevar a cabo un control técnico dentro de ciertas variables como la productividad y la calidad del servicio a través de los indicadores de gestión del mantenimiento, estos permiten monitorear el comportamiento y desempeño de los equipos, sistemas e instalaciones, teniendo como punto común el cumplimiento del plan de mantenimiento [20]. A continuación, se presentan los indicadores más utilizados dentro de la gestión del mantenimiento, sin embargo, como están relacionados a los conceptos de fallas, se revisan dichas definiciones:

estos son los siguientes:

- **Tiempo de Operación (TO)**

Se define como el tiempo total de operación del equipo, como se representa en la ecuación 1.

$$TO = (TF - TP)horas \quad (1)$$

Donde:

TF: Tiempo de funcionamiento (Se define como el tiempo en el equipo está disponible y en pleno trabajo).

TP: Tiempo de parada (Se detalla como el tiempo desde cuando el equipo deja de funcionar hasta cuando está listo después de la reparación).

- **Tiempo Medio Entre Fallas o Confiabilidad (TMEF/MTBF)**

También llamado por sus siglas en inglés (Mean Time Between Time). Mide la frecuencia en que una falla ocurre, definida por el tiempo de operación del equipo con relación al número de fallas. Como se indica en la ecuación 2.

$$TMEF = \left(\frac{TO}{N}\right) horas \quad (2)$$

Donde:

TO: Tiempo de Operación

N: Numero de Fallos (Es el número de interrupciones que presentan los equipos en un periodo de tiempo establecido).

- **Tiempo Medio De Reparación o Mantenibilidad (TMDR/MTTR)**

También llamado por sus siglas en inglés (Mean Time to Repair). Está definida por el tiempo muerto en que dura una parada del equipo con relación al número de fallas. Como se representa en la ecuación 3.

$$TMDR = \left(\frac{TP}{N}\right) horas \quad (3)$$

Donde:

TP: Tiempo de parada

N: Numero de Fallos

▪ **Tasa de Fallos (λ)**

Muestra la probabilidad de que un fallo ocurra, por lo tanto, se define como se muestra en la ecuación 4.

$$\lambda = \left(\frac{1}{TMEF} \right) horas \quad (4)$$

Donde:

TMEF: Tiempo Medio entre Fallos

▪ **Tasa de paralización o reparación (μ)**

Es la probabilidad de llevar a cabo exitosamente las actividades de reparación del equipo en un tiempo determinado, como muestra la ecuación 5.

$$\mu = \left(\frac{1}{TMDR} \right) horas \quad (5)$$

Donde:

TMDR: Tiempo Medio entre Reparación

▪ **Disponibilidad (D)**

Representa el porcentaje en donde el equipo presenta su total disponibilidad para su utilización, esto se representa en la ecuación 6.

$$D = \left(\left(\frac{TMEF}{TMEF + TMDR} \right) * 100 \right) \% \quad (6)$$

Donde:

TMEF/MTBF: Tiempo Medio entre Fallos.

TMDR/MTTR: Tiempo Medio de Reparación.

1.3.8. Fallos

La falla es un estado o situación en la que un sistema compuesto por aparatos, piezas, equipos y/o personas pierde la funcionalidad de realizar la actividad, trabajo para la que fue diseñado. A nivel industrial, generalmente se entiende por fallo aquel que impide que una instalación mantenga su nivel de productividad. Es necesario extender esta idea a las fallas que conducen a la mala calidad del producto, la inseguridad, la pérdida de energía y la contaminación ambiental.

Por otro lado, si el estado del equipo pudiera suponer un riesgo para las personas o a la instalación propiamente, también debe considerarse como fallo. Como forma final de fallo, también podemos considerar una falla de tipo ambiental. Las regulaciones en esta área son cada vez más estrictas y afectan no solo al proceso de producción, sino también al estado y mantenimiento que se le debe dar a la maquinaria. En este tipo de incidentes hay que tener en cuenta las posibles pérdidas de energía y contaminación [35]. También hay que mencionar, es importante conocer algunos factores que forman parte de los fallos, es así como definiremos lo que es una avería y los tipos de fallos, a continuación.

Avería. - La avería de un componente, es la imposibilidad de realizar la función requerida debido a un estado interno del propio equipo. Por lo tanto, es el resultado de una falla, ya sea del elemento mismo o de una etapa anterior de su vida funcional [35].

Tipos de Fallos

Fallos debido al diseño del equipo. - Desconocer las condiciones exactas en las que operará la máquina, ignorar efectos posteriores que son mayores a los esperados, o simplificar el dispositivo a un mejor precio, provoca las fallas de diseño que cometemos en la maquinaria.

Fallos en la fabricación del equipo. - Si se descuida el control de calidad de materiales y piezas que componen el aparato, encontraremos en la máquina posibles defectos que pronto aparecerán. Las soluciones vienen con la sustitución de las piezas defectuosas originales.

Fallos por mal uso de las instalaciones. - Se derivan de una falta de comprensión del manejo del dispositivo, porque se utiliza en aplicaciones para las que no fue diseñado y, sobre todo, porque se utiliza a un ritmo superior al especificado por el fabricante del diseño designado.

Fallas debido al nivel de utilización del equipo. - Estos fallos son con los que estamos más familiarizados y se presentan en muchas ocasiones. Estos son rotura, desgaste, abrasión, corrosión, fatiga, cavitación, entre otras.

Fallos por situaciones naturales y otras causalidades. - En este grupo se incluyen causas debidas a fenómenos meteorológicos y causas externas a los equipos [35].

El análisis de los indicadores expuestos en la gestión del mantenimiento se complementa con técnicas de detección de fallos como las siguientes:

1.3.9. Análisis de Fallos

El análisis de fallos consiste en comprobar si existen errores dentro de los equipos, para evitar que se repitan en dentro de un tiempo futuro. A continuación, se describen métodos para el análisis de fallos, entre los más importantes están los siguientes:

- **Análisis de criticidad (CA)**

Esta metodología permite priorizar los equipos según su impacto global, para facilitar la toma de decisiones. Además, ayuda a identificar áreas que necesitan más atención de mantenimiento según el proceso que se esté realizando.

La condición ideal es tener información estadística precisa sobre el equipo que se está evaluando, que permita cálculos exactos en concordancia con la realidad del equipo. Sin embargo, desde otro punto de vista, cuando no se tiene la disponibilidad de datos históricos de excelente calidad, la información debe recopilarse mediante encuestas, teniendo en cuenta que el Análisis de Criticidad trabaja con rangos, esto para establecer la condición más favorable, así como las condiciones desfavorables para cada criterio a evaluar. La información por disponer para el CA siempre se refiere a la frecuencia, los efectos y las consecuencias de las fallas, donde la seguridad y el respeto al medio ambiente son importantes [20].

Para realizar una correcta aplicación del análisis de criticidad hay que recabar información histórica de los equipos, a continuación, los pasos que conlleva la aplicación del análisis de criticidad:

- Identificar la máquina o equipo.
- Definir el objetivo y alcance de llevar a cabo el estudio.
- Determinar el grupo de trabajo.
- Recolectar información y aplicación de la fórmula de criticidad [20].

La criticidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de falla} * \text{consecuencia de la falla} \quad (7)$$

Donde:

Frecuencia de falla: Determina el número de fallas registradas durante un periodo determinada, que impliquen en la parada total del equipo o máquina.

Consecuencia de la falla: Conlleva los impactos derivados de la falla funcional en el equipo o máquina. Esta se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Consecuencia} = a + b \quad (8)$$

Donde:

a= Impacto ambiental + Impacto personal + Costo de reparación + Impacto sobre el cliente.

b= Impacto de producción * Tiempo medio de reparación (TMDR)

Impacto ambiental: Viene dado como la probabilidad de que un evento adverso ocurra con los equipos y este represente un incumplimiento a las reglas ambientales o cause daños ambientales externos.

Impacto personal: Tiene relación a la probabilidad de que ocurran incidentes con alguno de los equipos y estos puedan provocar daños u lesiones a los operarios.

Costo de reparación: Constituye el costo total de haber realizado las reparaciones a la maquina o equipo con el fin de poner en condiciones ideales para su operación.

Impacto sobre el cliente: Tiene que ver con el impacto que se genera cuando una falla ocurre y afecta a las expectativas del cliente ya sean estos interno o externos.

Impacto de producción: Conlleva el porcentaje de producción que se deja de producir durante una jornada, debido a las fallas presentadas en los equipos.

Tiempo medio de reparación: Representa el tiempo promedio de reparación del equipo cuando presenta una falla.

A continuación, en la **figura 4** se presenta la matriz de criticidad donde se tiene rangos de criticidad, los niveles de criticidad pueden ser críticos (C), criticidad media (MC) y no críticos (NC).

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 4. Matriz de criticidad [20]

- **Análisis causa raíz (RCA)**

El RCA es un método riguroso de resolución de problemas para cualquier tipo de fallo que se presenten en los equipos, utiliza la lógica del sistema y el árbol de causas raíz de fallos, utilizando inferencias y pruebas fácticas que conducen a la causa real. Esta técnica analítica permite aprender de los fallos y eliminar la causa.

Los fallos nunca se planifican, y los equipos de mantenimiento y producción lo toman por sorpresa, ya que casi siempre resultan en pérdidas de producción. Encontrar el problema a profundidad, o la causa raíz de los fallos, le brinda una solución al problema y le ahorra el dolor de cabeza de por qué el equipo presenta fallos. Una vez identificado las causas raíz del fallo, se puede implementar su plan de remediación [20].

El análisis causa/raíz dentro de su funcionalidad permite deducir relaciones causa-efecto que permiten conocer la causa raíz que ha hecho que el evento o fallo pueda producirse. Mencionar que los datos recabados pueden ser respaldados por historial de los equipos, observación directa al equipo o ya sea por análisis de expertos.

Un análisis RCA se lo puede llevar a cabo de dos maneras, la primera es mediante la herramienta de los cinco porqués véase la **figura 5**, esta metodología permite conocer el causante real del fallo preguntándose repetidas veces el ¿por qué? de la ocurrencia del mismo. Otra herramienta que se establece dentro del análisis causa-raíz en el diagrama de Ishikawa véase la **figura 6**, consiste en un diagrama a forma de espina de pescado donde se encuentran inmersas diferentes categorías como procesos, personal, equipos, entre otros. Dentro de estas categorías salen espinas más pequeñas, muestran las posibles causas de fallo [36].

Problema:		
	¿Por qué?	Motivo
1		
2		
3		
4		
5		
Causa Raíz:		

Figura 5. Matriz de 5 porqués [36]

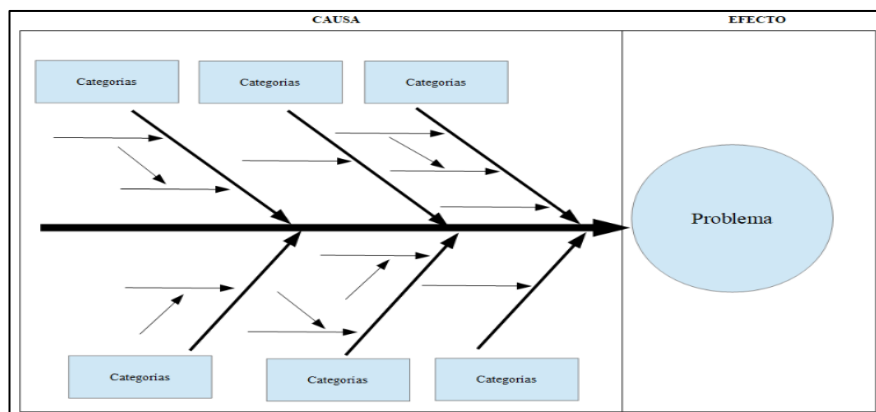


Figura 6. Diagrama de Ishikawa [36]

Para llevar a cabo un análisis causa/raíz hay que tomar en consideración los siguientes pasos, estos son los siguientes:

- Seleccionar al equipo calificado para llevar a cabo este tipo de análisis.
- Identificar la maquina o equipo.
- Enlistar o enumerar las posibles causas del fallo.
- Recolectar datos históricos del equipo.
- Analizar y determinar correlaciones entre los datos recolectados.
- Establecer un plan con actividades de mantenimiento preventivas [36].
- **Análisis de árbol de falla (FTA)**

Es una técnica de análisis de fallos inferencial que comienza con un evento no deseado específico e indica un proceso para determinar la causa de ese evento y, a menudo más importante, cómo se relacionan las causas del último evento. Los eventos de principales suelen estar relacionados con la seguridad de la planta o de las instalaciones, pero no es así siempre. Efectivamente, este método es completamente universal y puede analizar diferentes tipos de riesgos tales como, daños en la calidad del producto, producción perdida, daño al medio ambiente, entre otros [37].

Se pueden usar para prevenir o identificar fallos antes de que se materialicen, pero a menudo se usan para analizar accidentes, también como herramientas de investigación para identificar fallos. En la **figura 7** se muestra como es la estructura que tiene un FTA para el análisis de fallos.

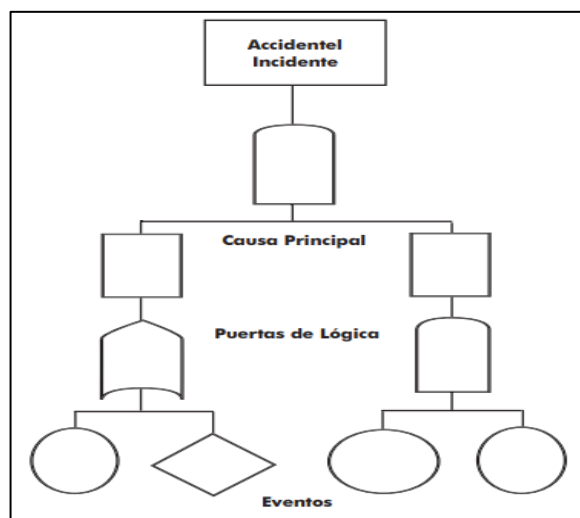


Figura 7. Estructura del FTA [22]

A continuación, se definen a cada uno de los elementos que conforman la estructura de un FTA:

- **Compuerta Y.** – Muestra una condición la cual está sujeta a todos los eventos que se presentan debajo de ella para su concreción.
- **Compuerta O.** – Situación donde uno o una combinación de eventos desencadenan en el evento final y permiten que este ocurra.
- **Rectángulo.** - Indica el evento final y se ubica en la parte superior del árbol y se puede colocar a lo largo del árbol para mostrar otros eventos que se pueden subdividir.
- **Circulo.** - Se encuentran en los niveles inferiores del FTA y no requiere mayor crecimiento o subdivisiones.
- **Diamante.** - Define un evento terminal no desarrollado, debido a la falta de información o estudios.
- **Ovalo.** – Indica una situación particular que solo puede suceder si se dan ciertas condiciones.
- **Triangulo.** – Permite dirigirse de un lugar del FTA a otro punto del árbol de fallos.

Para desarrollar un análisis por árbol de fallos como punto inicial del análisis es el fallo en sí, a partir de este punto se efectúa el diagrama con las que podrían ser las causas del fallo siguiendo las secuencias lógicas de cada una de las figuras detalladas anteriormente, los eventos están relacionados por conectores lógicos sean estos (or o and). La relación de entre todos los eventos o posibles causas de fallo permitirá conocer todos los aspectos que pudiesen producir el fallo [38].

▪ **Análisis de Modos y Efectos de Falla**

AMFE es un método para establecer los modos de falla de los componentes del equipo o del sistema, sus efectos y la frecuencia con la que ocurren. De esta forma, se pueden clasificar los defectos por orden de importancia, logrando definir específicamente tareas de mantenimiento para las áreas que generan mayor impacto económico, con el fin de minimizarlos o eliminarlos por completo [39]. La INSHT propone una metodología para la identificación y análisis de fallos la misma que se presenta a continuación.

NTP 679: Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

El propósito de esta NTP es delinear un método para analizar el modo de falla y la influencia de los factores clave del proceso o producto. Esta herramienta es una de las

más utilizadas en el ámbito de la Calidad para identificar y analizar posibles desviaciones o fallos operativos, preferentemente durante la fase de diseño. Es un método cualitativo que, por sus características, es de gran utilidad para la cobertura de riesgos globales [40].

Se ha convertido en un método de análisis fundamental en el sector de la automoción que se ha extendido con éxito a otros sectores productivos. Este método también se puede agrupar bajo el nombre AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidad), al presentar de manera más notable y precisa la severidad específica de los efectos de los fallos [40]. El método conlleva el cálculo de un índice para su desarrollo, mismo que abarca tres factores, los cuales son:

- **Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)**

Dicho indicador es producto entre la frecuencia, la gravedad y la detectabilidad, teniendo como resultado un valor adimensional que permitirá priorizar la urgencia para la intervención, así como el orden de las acciones de corrección. Por lo tanto, debe calcularse para todas las causas de falla, como se muestra en la ecuación 9.

$$IPR = D * G * F \quad (9)$$

Donde:

D: Detectabilidad de los fallos

G: Gravedad del fallo

F: Frecuencia del fallo

A continuación, se define a cada uno de los factores:

- **Gravedad del fallo**

Determina la gravedad del efecto del modo de falla potencial en los equipos; evalúa el alcance de las consecuencias, por lo que el valor de la métrica aumenta con la insatisfacción del cliente, la degradación del rendimiento esperado y los costos de reparación.

- **Frecuencia del fallo**

Es la probabilidad de que la causa potencial de la falla ocurra y dé lugar al modo de fallo. Esta es una evaluación subjetiva, por lo que, si hay información disponible, se deben utilizar datos históricos o estadísticos. Si existe un control estadístico de procesos en la empresa, ayuda mucho poder determinar el valor.

- **Detectabilidad del fallo**

Esta métrica indica la probabilidad de que la causa y/o modo de falla, que se supone que ha ocurrido, sea detectada con la suficiente antelación para evitar daños, gracias a las “acciones de control”. Es la capacidad de detectar defectos antes de que llegue al cliente final. A diferencia de otros indicadores, cuanto más débil es la capacidad de detección, mayor es el índice de detección y mayor el índice de riesgo, lo que determina la prioridad de la intervención.

Los criterios de valoración para realizar el análisis de modos y efectos de falla se detallan en la **tabla 3**, a continuación.

Tabla 3. Criterios de valoración Método AMFE [40]

F: Frecuencia (1-10)	G: Gravedad (1-10)	D: Detectabilidad (1-10)
Imposible (1-2)	Insignificante (1-2)	Probabilidad de detección muy elevada (1-2)
Remoto (3-4)	Moderado (3-4)	Probabilidad de detección elevada (3-4)
Ocasional (5-6)	Importante (5-6)	Probabilidad de detección moderada (5-6)
Frecuente (7-8)	Critico (7-8)	Probabilidad de detección escasa (7-8)
Muy Frecuente (9-10)	Catastrófico (9-10)	Probabilidad de detección muy escasa (9-10)

Para desarrollar un análisis de modos y efectos de fallos se determinan las siguientes etapas:

- **Delimitar los equipos sometidos a estudio:** Esta etapa inicial se lleva a cabo la clasificación de los equipos ya sea por áreas o por clasificaciones previas.
- **Reconocer las funcionalidades de los equipos:** En esta parte habría que reconocer las funciones para las que fue adquirido el equipo máquina.
- **Establecer los fallos de funcionalidad del equipo:** El siguiente paso es reconocer y determinar los fallos de funcionalidad del equipo, esto tiene que ver con que el equipo deja de efectuar la función para la que fue diseñado.
- **Fijar lo modos de falla del equipo:** En esta etapa se reconoce la causa por la que ocurrió el fallo funcional en el equipo.

- **Establecer los efectos de fallo del equipo:** En este paso se procede a detallar una lista los efectos que se producen al originarse el modo de fallo.
- **Determinar el índice de prioridad de riesgo (IPR):** En este paso se establecen los valores para D, G y F, el producto entre estos tres términos brindará un resultado de entre 1-1000, el mismo que mostrará un panorama más amplio para poder clasificar los modos de fallos según sean las necesidades. Generalmente un IPR mayor a 100 requiere una actuación inmediata sobre la falla y cuando el IPR es menor que 100 no se requiere de una acción inmediata a no ser que la intervención ayude al equipo a mejorar su rendimiento.

1.3.10. Planificación y Programación del Mantenimiento

La etapa de planeación consta de dos etapas, no claramente diferenciadas y muchas veces confundidas entre sí, a saber, la planificación comprende todas las actividades necesarias para el desarrollo efectivo de los programas, y en sentido estricto, programación es la determinación predeterminada y ordenada, con tiempo y medios, de las acciones a realizar [41].

La planificación se define como el conjunto de esfuerzos previos y actividades iniciales que se plantean para determinar acciones para alcanzar determinadas metas [42]. Estos esfuerzos pueden ser muy diversos, pero incluyen: definir la visión, misión y metas estratégicas; definir políticas de mantenimiento; procesos y procedimientos de trabajo; y define esencialmente los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades tomando en cuenta la disponibilidad económica [29].

Hay diferentes reglas que se aplican dentro de la planificación, pero esencialmente se debe llevar a cabo una serie de pasos ordenados para llevar a cabo una planificación eficaz de los trabajos de mantenimiento, como se muestra a continuación:

- Identificar las necesidades de los equipos, utilizando estadísticas de rendimiento, informes o registros de frecuencia de fallas.
- Analizar la causa de la falla.
- Proyectar alternativas y acciones correctivas, a través de una lista de actividades priorizadas.
- Programar las actividades planificadas.

- Evaluar la carga de trabajo del programa.
- Comparar la carga de trabajo con los recursos humanos.
- Informar y controlar el programa con el proceso de producción.
- Replanificación si es necesario [29].

Programación del Mantenimiento

Para un mayor control sobre el mantenimiento, es importante planificar, programar y ejecutar las actividades que se deben realizar. La planificación del mantenimiento incluye un conjunto de tareas necesarias para mantener los activos de una empresa en condiciones óptimas. La programación implica clasificar las actividades según la urgencia de cada operación y el tipo de equipo o maquinaria disponible. La programación del mantenimiento puede ser diario, semanal, quincenal, mensual, semestral, anual [28].

Un programa de mantenimiento eficiente está limitado por el éxito de los procedimientos de control y la entrega de órdenes de trabajo; y de forma muy concreta la amplitud y precisión de la planificación realizada. Para los programas de mantenimiento, así como los programas de producción, es importante considerar que los procedimientos deben ser el resultado de pensar en objetivos específicos, no simplemente tenerlos [28].

Para realizar una programación efectiva del mantenimiento, se muestran tres etapas importantes:

- Definir el tiempo estimado para cada actividad o subactividad en el plan, tomando en cuenta el calendario de trabajo.
- Secuencia de los trabajos de mantenimiento según prioridades predichas.
- Detallar el cronograma, asignando todos los recursos necesarios [28].

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Patate.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la maquinaria pesada y vehículos livianos que posee actualmente el GAD Municipal Patate.
- Determinar los componentes mecánicos que son más proclives a sufrir fallos dentro de la maquinaria pesada y vehículos livianos, mediante la metodología AMFE.
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos de la institución.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para el presente proyecto de investigación se han utilizado los siguientes recursos, los que se detallan a continuación:

Recursos institucionales

- Universidad Técnica de Ambato;
- Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial;
- Ilustre Municipio del Cantón Patate


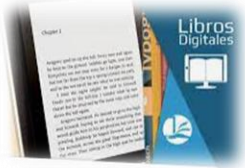
Recursos humanos


- El autor del proyecto de investigación;
- Tutor del estudio de investigación;
- El personal mecánico del taller de la institución

Recursos materiales

En la **tabla 4** se detallan todos recursos materiales utilizados dentro del proyecto de investigación.

Tabla 4. Materiales utilizados en el proyecto de investigación

Material	Definición	Detalle
Computador	Maquina electrónica que ha sido creada para ejecutar tareas de forma funcional y específica. Procesa datos de forma digital de toda índole bajo el control de un programa o aplicación.	
Libros virtuales	Un e-book es información transformada de la forma física a un formato digital. Pueden ser leídos por casi todos los dispositivos electrónicos.	

Material	Definición	Detalle
Celular	Dispositivo electrónico que tiene acceso a la red telefónica. Configurado con varias funcionalidades que permiten procesar datos.	
Software Word	Es una aplicación que permite el procesamiento de texto. Permite crear, editar, compartir documentos con el fin de organizar y escribir documentos de forma óptima.	
Software Excel	Es una aplicación que permite procesar datos con el fin de analizar y visualizar información. Permite el calcular y tabular datos de forma organizada.	
Repositorios universitarios	Los repositorios son estructuras web que tienen como fin almacenar, organizar, conservar y divulgar de forma libre información académica y de investigación de una institución.	
Bases de datos	Las bases de datos son conjuntos de información estructurados que se relacionan a un mismo contexto. Esta herramienta recopila, organiza y relaciona información para una mayor facilidad de búsqueda.	
Internet	Es un conjunto global de redes interrelacionadas, comunicaciones interconectadas que permiten la libre interacción e intercambio de información entre los usuarios.	

2.2. Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El presente estudio de investigación se llevó a cabo con un enfoque cualitativo porque se revisaron documentos como registros, manuales, fichas de inspección que contienen

información de las cualidades físicas, mecánicas y de operación de la maquinaria y vehículos sometidos a estudio.

De igual forma se tomó en consideración un enfoque cuantitativo, mediante la utilización de ecuaciones, valores numéricos que dan contenido objetivo, que permitirán evaluar y conocer el estado del patio automotriz de la institución. En conclusión, podemos decir que se trabajó con un enfoque mixto durante la investigación.

Durante el desarrollo del presente proyecto de investigación se llevaron a cabo las siguientes modalidades de investigación:

Investigación de campo

Este tipo de investigación consistió en obtener e identificar la información más notable para su respectivo análisis, ya que el trabajo de recolección de datos se efectuó en el lugar mismo de los hechos, en este caso en taller del parque automotor del Ilustre municipio del cantón Patate.

Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación permitió introducirnos más a fondo sobre los temas a analizar dentro de la investigación, ya que se recolectó información de estudios que mantengan relación con el tema propuesto, pues se adquirió conocimientos más técnicos que son necesarios para el planteamiento de una forma efectiva de la propuesta de solución al problema en estudio. A continuación, se presenta la metodología utilizada para recabar información dentro de la investigación bibliográfica.

Metodología PRISMA

▪ Preguntas de investigación

Se determinó un número de tres preguntas, las mismas engloban toda la información que se desea recabar sobre la planificación del mantenimiento preventivo en los equipos. Se ha tomado en consideración tres puntos de vista (VP), el primero VP1 se enfoca en el mantenimiento utilizado en los equipos, el VP2 está dirigido al mantenimiento que se aplica a la maquinaria pesada, mientras tanto que el VP3 se

orienta a planes de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos. La **tabla 5** muestra las preguntas que han sido formuladas.

Tabla 5. Preguntas metodología PRISMA

N°	Pregunta (P)	Motivación
P1	¿Qué mantenimiento se aplica a los equipos?	Identificar el tipo de mantenimiento aplicado a los equipos.
P2	¿Qué mantenimiento es aplicado a la maquinaria pesada?	Identificar el tipo de mantenimiento que se aplica a la maquinaria pesada.
P3	¿Cómo se aplica un plan de mantenimiento preventivo?	Identificar la aplicación de un plan mantenimiento preventivo.

▪ **Búsqueda documental**

Se llevó a cabo una exploración bibliográfica de bases de datos 100% confiables, se tomó en consideración artículos de investigación de hace 5 años atrás ya que permitirá conocer información más actualizada en campo del mantenimiento dentro de las instituciones aplicado a la maquinaria pesada específicamente.

Se han utilizado términos que se enfocan directamente con cada punto de vista detallado anteriormente. Para VP1 (“mantenimiento” o “conservación”) y (“equipos” o “máquinas”), para VP2 (“mantenimiento” o “mantenibilidad”) y (“maquinaria” o “maquinaria pesada”), por último, para VP3 (“plan de mantenimiento” o “mantenimiento preventivo”) y (“equipos” o “maquinas” o “maquinaria”). Basados en los títulos, resúmenes, conclusiones los documentos fueron revisados detalladamente.

▪ **Selección de documentos**

Esta sección esta dividida en cuatro partes. La primera parte contiene los términos de inclusión y exclusión de los documentos revisados, en esta parte se los criterios que se tomaron en cuenta están detallados en la **tabla 6**. Para la segunda fase los documentos se ordenaron teniendo en cuenta el título, resumen y palabras clave. En la tercera etapa se toma en cuenta la información detallada en las secciones de introducción y conclusiones de los documentos seleccionados cuyos proporcionen información que se enfoque en responder las preguntas de investigación.

Por último, se realizó la verificación de las referencias esto con el fin de que la información detallada en cada documento seleccionado sea conforme a cada perspectiva.

Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión

N°	Inclusión	Exclusión
1	Documentos publicados entre 2017 y 2022.	Documentos duplicados de las diferentes bases de datos.
2	Documentos escritos en inglés y español.	Documentos no relacionados con mantenimiento de equipos.
3	Documentos relacionados con el mantenimiento a equipos.	Documentos de revisión.
4	Documentos relacionados con mantenimiento de maquinaria pesada.	Documentos publicados en otras áreas de investigación.
5	Documentos relacionados con el mantenimiento preventivo.	Documentos de años inferiores a 2017.

▪ **Diagrama de flujo metodología PRISMA**

A continuación, en la **figura 8** se presenta el diagrama de flujo con las etapas desarrolladas dentro de la metodología prisma.

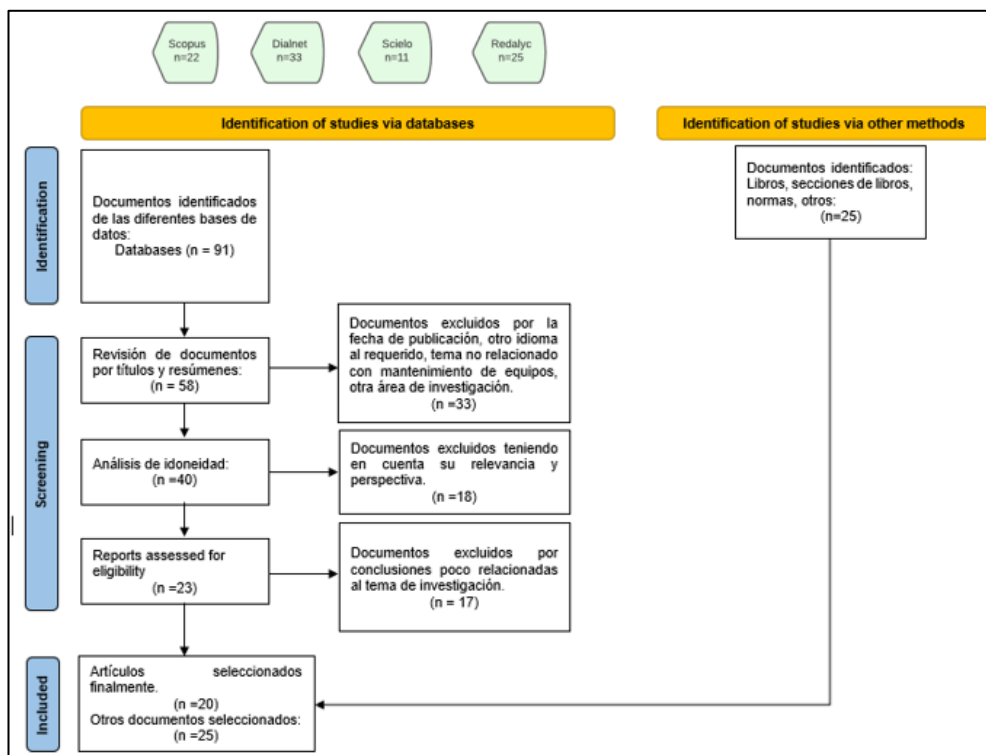


Figura 8. Diagrama de flujo metodología PRISMA

▪ Extracción de datos

Finalmente se presentan los documentos que han sido exhaustivamente revisados y seleccionados de una forma correcta. La información obtenida de los documentos ha sido correctamente alineada con las perspectivas y que responden a las preguntas de investigación. Se han enfocado temas como el mantenimiento en los equipos, el mantenimiento en la maquinaria pesada y beneficios, ventajas, desventajas de aplicar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos o maquinaria. En la sección de **Anexo D** se presentan de forma más detallada los documentos seleccionados que formaran parte de los antecedentes y marco teórico del proyecto de investigación.

2.2.2 Población y muestra

El presente proyecto de investigación se realizó dentro del taller del parque automotor del Ilustre Municipio del Cantón Patate mismo que cuenta con 14 unidades tanto de maquinaria pesada como de vehículos livianos, donde 10 unidades corresponden a maquinaria pesada y 4 a vehículos livianos. Por lo tanto, se determina que por trabajarse con un tipo de población pequeña se puede tomar en consideración a toda la población dentro de la investigación. A continuación, se muestra la **tabla 7** con el número de automotores correspondientes a maquinaria pesada y vehículos livianos.

Tabla 7. Maquinaria pesada y vehículos livianos

Tipo de Maquinaria/Vehículo	Número
Volquetas	4
Retroexcavadoras	2
Excavadora de orugas	1
Minicargador	1
Cargadora	1
Tractor de orugas	1
Camionetas	2
Jeeps	2
TOTAL	14

2.2.3 Recolección de la información

Para llevar a cabo la recolección de la información se utilizó técnicas que ayudaron a sustentar los resultados y el desarrollo de los objetivos planteados. Las técnicas utilizadas son:

Revisión documental: Esta técnica permite obtener información mediante la revisión de documentación propia de la organización ya sean registros, fichas de actividades, manuales, procedimientos, reportes financieros, entre otra documentación.

Observación directa: Esta técnica permite la recolección de información observable en el lugar de los hechos en donde se lleva a cabo el estudio de investigación.

Las herramientas utilizadas en la recopilación de información son las siguientes:

Registro de históricos: Esta herramienta recopila información histórica registrada de las unidades de maquinaria pesada y vehículos livianos dentro del taller del gobierno autónomo descentralizado del cantón Patate. En el **Anexo A** se detalla el registro de fallos tanto de la maquinaria pesada como de vehículos livianos dentro del taller mecánico del Ilustre municipio del cantón Patate.

Ficha técnica: Con esta herramienta se recopila información técnica de forma cualitativa ya que se registra información como el tipo de maquinaria, características del equipo, sistemas por el que está compuesto y función para la que ha sido diseñado la máquina. En el **Anexo B** se detalla las fichas técnicas correspondientes a la maquinaria pesada y vehículos livianos de la municipalidad del cantón Patate.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para llevar a cabo el procesamiento y análisis de la información se realizó de la siguiente forma:

1. Se tabula la información recopilada de los registros de históricos de cada unidad tanto de la maquinaria pesada como de los vehículos livianos sometidos a estudio. Esto mediante el software Excel.
2. Posteriormente se calcularon los indicadores de mantenimiento estos son: Tiempo de operación (1), Tiempo medio entre fallos (2), Tiempo medio de reparación (3), tasa de fallos (4), Tasa de paralización (5) y la disponibilidad (6). En el **Anexo C** se muestran el cálculo de los indicadores de mantenimiento para cada unidad tanto de la maquinaria pesada y vehículos livianos, el periodo tomado para realizar el estudio es de enero a septiembre del presente año, ya que trabajar con datos

recientes permite obtener resultados más realistas en el contexto de la organización.

3. Una vez obtenidos los indicadores de mantenimiento se consolidó los datos y se representa gráficamente los porcentajes de disponibilidad tanto de maquinaria pesada como de vehículos livianos.
4. Como siguiente paso se llevó a cabo la evaluación de la maquinaria pesada y vehículos livianos, mediante la metodología AMFE con el fin de identificar cuáles son los componentes más proclives a sufrir fallos. La información recopilada dentro de las fichas técnicas servirá para el desarrollo de la metodología AMFE. Este método permite valorar la frecuencia de fallo, la gravedad del fallo y la detectabilidad del fallo para encontrar el índice de prioridad de riesgo IPR (9), esto para cada elemento de los sistemas y subsistemas que conforman la máquina.
5. Se procedió a identificar los elementos mecánicos más proclives a sufrir fallos, si el IPR es mayor a 100 se requiere una actuación inmediata sobre la falla y cuando el IPR es menor que 100 no se requiere de una acción inmediata sobre el equipo.
6. Al final se desarrolló la programación del mantenimiento, donde se detallan las actividades de mantenimiento preventivo que se deben llevar a cabo en la maquinaria pesada y vehículos livianos de la municipalidad del cantón Patate.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

En el presente proyecto de investigación para llevar a cabo el diseño del plan de mantenimiento preventivo como punto inicial se detalla una lista de las unidades tanto de maquinaria pesada como de vehículos livianos con su respectiva codificación esto con el fin de clasificar los tipos de maquinaria y vehículos para una mejor identificación dentro del plan de mantenimiento.

Lista de la maquinaria pesada y vehículos livianos del Ilustre municipio del cantón Patate

La codificación de los equipos permite una mayor facilidad a la hora de identificar a cada uno de los equipos ya sea la ubicación, menciones en documentos como ordenes de trabajo, fichas técnicas, históricos de mantenimiento.

Se llevó a cabo un sistema de codificación significativo, esto quiere decir que el código que se le otorgue a cada maquinaria brinda información adicional a más de ser solo un número. Es así como a continuación, se detalla la forma de codificación para la maquinaria pesada y vehículos livianos del parque automotor del GADM Patate.

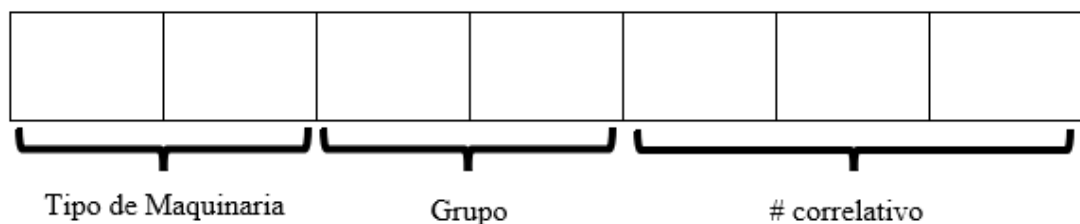


Figura 9. Codificación de los equipos

Entonces:

Tipo de maquinaria del parque automotriz del GADM Patate son los siguientes:

- Maquinaria Pesada (MP)
- Vehículos Livianos (VL)

Grupo para tipo de maquinaria del parque automotriz son los siguientes:

Maquinaria pesada (MP)

1. Volqueta
2. Retroexcavadora
3. Excavadora
4. Minicargador frontal
5. Cargadora
6. Tractor de orugas

Vehículos livianos (VL)

1. Camioneta
2. Jeep

El número correlativo hace referencia al número de máquinas que existen dentro de cada grupo del parque automotriz. La **tabla 8** muestra un inventario detallado de las unidades con las que cuenta el parque automotor de la municipalidad del cantón Patate.

Tabla 8. Lista de maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate

Código del equipo	Nombre del equipo	Marca del equipo	Placa/Modelo
MP-01-01	Volqueta #1	Hino	TMA-1044
MP-01-02	Volqueta #2	Hino	TMA-1043
MP-01-03	Volqueta #3	Hino	TMA-0019
MP-01-04	Volqueta #4	Hino	TMA-0075
MP-02-01	Retroexcavadora #1	Caterpillar	416E
MP-02-02	Retroexcavadora #2	Caterpillar	420E
MP-03-01	Excavadora de orugas	Hyundai	210C
MP-04-01	Minicargador	Caterpillar	246C
MP-05-01	Cargadora	Caterpillar	621E
MP-06-01	Tractor de orugas	Caterpillar	850E
VL-01-01	Camioneta #1	Toyota	TMA-0059
VL-01-02	Camioneta #2	Toyota	TMA-0057
VL-02-01	Jeep #1	Suzuki	TMC-0053
VL-02-02	Jeep #2	Suzuki	TMA-1055

Indicadores de mantenimiento de la maquinaria pesada y vehículos livianos

Para el cálculo de los indicadores de mantenimiento de la maquinaria pesada y vehículos livianos, se ha tomado información de los registros históricos que se

encuentran dentro del taller mecánico del parque automotriz del GADM Patate, esto mediante la revisión documental. La compilación de estos datos permitió el cálculo de los indicadores de mantenimiento como: el tiempo de operación es la diferencia del tiempo en que la máquina está en funcionamiento y el tiempo de parada de la máquina, por lo tanto para el tiempo de funcionamiento se asume un total de 160 horas por mes, también mencionar que diariamente se lleva a cabo una reunión de 20 minutos en promedio, donde el jefe del departamento de obras públicas realiza el direccionamiento de los trabajos a los operadores de las maquinas, por lo tanto el tiempo neto de funcionamiento es de 154 horas por mes, dado que se consumen 6 horas aproximadamente cada mes por motivos de reuniones; tiempo de parada es el periodo de tiempo en horas en que una máquina pasa dentro del taller mecánico ya sea por revisiones, reparaciones, lubricación, entre otros casos; el Tiempo medio entre fallos (TMEF) se calcula mediante la ecuación (2); el Tiempo medio de reparación (TMDR) se calcula por medio de la ecuación (3); la Tasa de fallos por medio de la ecuación (4); la Tasa de paralización o reparación mediante la ecuación (5) y la Disponibilidad por medio de la ecuación (6), para la maquinaria y vehículos livianos del patio automotriz del GADM Patate. A continuación, se presenta en la **tabla 9** se muestra el cálculo de los indicadores de mantenimiento para la volqueta Hino #1. En el **Anexo C** se muestra el cálculo de los indicadores para cada maquinaria pesada y vehículos livianos.

Tabla 9. Indicadores de mantenimiento Volqueta Hino #1


Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallos (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMDR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	142	12	71,00	6,00	0,01	0,17	89,82%
Febrero	114	40	114,00	40,00	0,01	0,03	
Marzo	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	
Abril	142	12	47,33	4,00	0,02	0,25	
Mayo	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	
Junio	146	8	73,00	4,00	0,01	0,25	
Julio	130	24	43,33	8,00	0,02	0,13	
Agosto	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	
Septiembre	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
TOTAL			79,41	9,00	0,01	0,19	

Análisis de disponibilidad de la maquinaria pesada y vehículos livianos

A continuación, se presenta la **tabla 10** un consolidado con el cálculo de los

indicadores de mantenimiento como es el Tiempo Medio Entre Fallos (TMEF), Tiempo Medio de Reparación (TMDR), Tasa de fallos, Tasa de paralización y Disponibilidad para la maquinaria y vehículos livianos del patio automotriz del GADM Patate.

Tabla 10. Indicadores de mantenimiento de la maquinaria pesada y vehículos livianos

	Análisis Disponibilidad de Maquinaria Pesada y Vehículos Livianos				
	Unidad/Equipo	TMEF	TMDR	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)
Volqueta Hino #1	79,41	9,00	0,01	0,19	89,82%
Volqueta Hino #2	76,04	9,52	0,02	0,19	88,87%
Volqueta Hino #3	92,87	8,37	0,02	0,17	91,73%
Volqueta Hino #4	90,65	7,74	0,02	0,16	92,13%
Retroexcavadora Caterpillar #1	82,33	10,92	0,02	0,12	88,29%
Retroexcavadora Caterpillar #2	101,39	8,98	0,01	0,16	91,87%
Excavadora Hyundai	86,49	11,04	0,02	0,12	88,68%
Minicargador Caterpillar	90,76	9,62	0,02	0,20	90,41%
Cargadora Case	97,11	11,26	0,01	0,17	89,61%
Tractor de orugas Caterpillar	71,26	10,59	0,02	0,20	87,07%
Camioneta Toyota #1	88,83	8,13	0,01	0,25	91,62%
Camioneta Toyota #2	115,71	7,49	0,01	0,22	93,92%
Jeep Suzuki sz #1	109,56	5,94	0,01	0,19	94,85%
Jeep Suzuki sz #2	114,30	6,91	0,01	0,20	94,30%

A continuación, se presenta la **figura 10** con el porcentaje de disponibilidad actual de la maquinaria pesada y vehículos livianos del parque automotriz del GADM Patate.

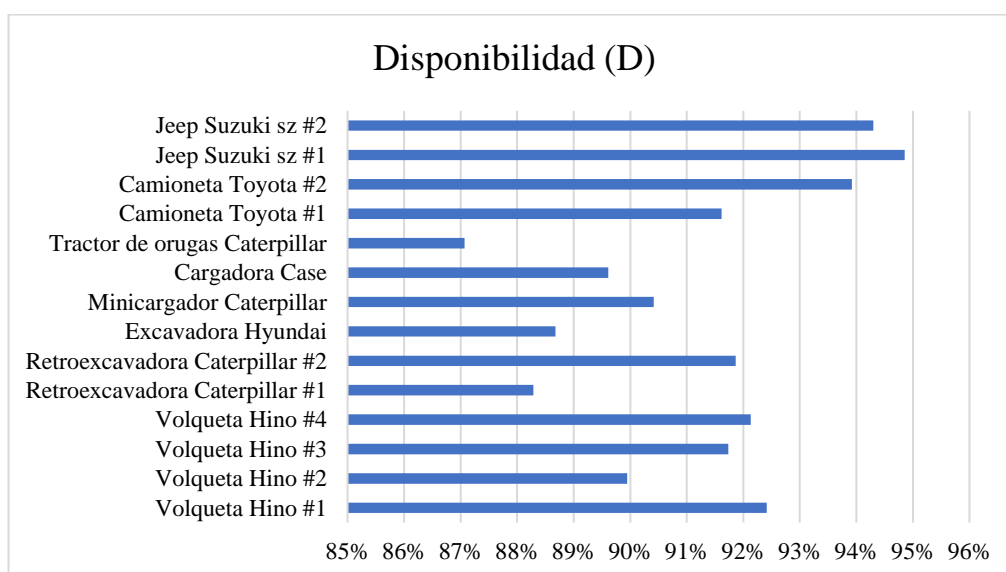


Figura 10. Análisis de disponibilidad



Análisis

En la **figura 10** se muestra una gráfica con los porcentajes de disponibilidad de cada máquina en estudio del patio automotriz del GADM Patate. Se puede observar que el porcentaje más bajo lo tiene el del Tractor de orugas Caterpillar y el de la Retroexcavadora Caterpillar #1, con el 87,07 % y 88,29% de disponibilidad respectivamente. Mientras tanto que, el porcentaje más alto lo tienen los Jeeps Suzuki #1 y #2, con un porcentaje de 94,85% y 94,30% de disponibilidad respectivamente.

Análisis Modal de Fallos y Efectos de Fallo (AMFE) para la maquinaria pesada y vehículos livianos

Para realizar la determinación de los componentes más proclives a sufrir fallos dentro de la maquinaria pesada y vehículos livianos, se utilizó la metodología AFME la cual permite calcular el índice de prioridad de riesgo mediante la valoración y el producto de los tres factores como es: la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo, la gravedad que puede ocasionar el fallo en el equipo y la posibilidad de detección del fallo en el equipo. La NTP 679 destaca dentro de sus directrices para aplicación de la metodología que un IRP mayor a 100 se considera como un componente crítico, por lo tanto, se deberá plantear acciones de intervención. A continuación, desde la tabla 11 hasta la tabla 24 se presenta el análisis AMFE para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate.

Tabla 11. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #1

		Ilustre Municipalidad del Cantón Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial								
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate								
		Máquina:	Volqueta Hino #1	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:				09/11/2022
		Sistema:	Dirección	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:				30/11/2022
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.					
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción	
					F	G	D	IPR		
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.	
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.	
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	La máquina es imposibilitada de moverse a alguno de los lados.	3	7	3	63	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.	
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.	
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización de la máquina.	3	8	5	120	Lubricación y revisión de las crucetas.	
Sistema de Transmisión										
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.	
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.	

Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	7	2	42	Evitar los movimientos abruptos de la máquina.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	6	3	90	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	5	8	2	80	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	4	96	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	8	3	96	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	5	3	4	60	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.

Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	4	6	3	72	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	6	6	3	108	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	4	84	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	3	90	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	2	7	3	42	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro.
Válvula 2/2	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	5	7	3	105	Inspección periódica de la válvula.



Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	2	42	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	2	6	4	48	Inspección constante del limitador de presión.
Sistema de Suspensión									
Barra estabilizadora	Estabilizar la máquina ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en la máquina.	Inestabilidad de la máquina.	3	8	2	48	Evitar golpes y sobrecarga en la máquina.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina la máquina.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	4	6	3	70	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento de la máquina.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	5	6	3	90	Revisión de los resortes antes de poner en marcha la máquina.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	6	3	72	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	8	5	120	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.

Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos de la maquinaria.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	3	7	4	84	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	7	5	105	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	3	8	4	96	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	8	4	128	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y	5	8	3	120	Revisión de la condición de las

				sobrecalentamiento del motor.					mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	4	64	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	9	5	90	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	2	8	6	96	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	2	8	5	80	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Revisión contante la temperatura del motor.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	5	120	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.

Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	2	60	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	4	8	4	128	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	2	7	5	70	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en la maquinaria.	2	8	4	64	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	2	8	5	80	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	5	105	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 12. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #2

		Ilustre Municipalidad del Cantón Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Volqueta Hino #2	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Dirección	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	La máquina es imposibilitada de moverse a alguno de los lados.	3	7	3	63	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización de la máquina.	3	8	5	120	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.

Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	7	2	42	Evitar los movimientos abruptos de la máquina.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	6	3	90	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	5	8	2	80	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	4	96	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	8	3	96	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	5	3	4	60	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.

Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	4	6	3	72	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	6	6	3	108	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	4	84	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	3	90	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	2	7	3	42	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro.
Válvula 2/2	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	5	7	3	105	Inspección periódica de la válvula.



Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	2	42	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	2	6	4	48	Inspección constante del limitador de presión.
Sistema de Suspensión									
Barra estabilizadora	Estabilizar la máquina ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en la máquina.	Inestabilidad de la máquina.	3	8	2	48	Evitar golpes y sobrecarga en la máquina.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina la máquina.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	4	6	3	70	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento de la máquina.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	5	6	3	90	Revisión de los resortes antes de poner en marcha la máquina.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	6	3	72	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	8	5	120	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.

Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos de la maquinaria.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	3	7	4	84	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	7	5	105	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	3	8	4	96	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	8	4	128	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y	5	8	3	120	Revisión de la condición de las

				sobrecalentamiento del motor.					mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	4	64	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	9	5	90	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	2	8	6	96	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	2	8	5	80	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Revisión contante la temperatura del motor.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	5	120	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.

Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	2	60	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	4	8	4	128	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	2	7	5	70	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en la maquinaria.	2	8	4	64	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	2	8	5	80	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	5	105	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 13. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #3

	Ilustre Municipalidad del Cantón Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial								
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate								
	Máquina:	Volqueta Hino #3	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022			
	Sistema:	Dirección	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022			
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	La máquina es imposibilitada de moverse a alguno de los lados.	3	7	3	63	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización de la máquina.	3	8	5	120	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.

Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	7	2	42	Evitar los movimientos abruptos de la máquina.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	6	3	90	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	5	8	2	80	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	4	96	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	8	3	96	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	5	3	4	60	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.

Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	4	6	3	72	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	6	6	3	108	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	4	84	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	3	90	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	2	7	3	42	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro.
Válvula 2/2	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	5	7	3	105	Inspección periódica de la válvula.



Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	2	42	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	2	6	4	48	Inspección constante del limitador de presión.
Sistema de Suspensión									
Barra estabilizadora	Estabilizar la máquina ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en la máquina.	Inestabilidad de la máquina.	3	8	2	48	Evitar golpes y sobrecarga en la máquina.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina la máquina.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	4	6	3	70	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento de la máquina.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	5	6	3	90	Revisión de los resortes antes de poner en marcha la máquina.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	6	3	72	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	8	5	120	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.

Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos de la maquinaria.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	3	7	4	84	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	7	5	105	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	3	8	4	96	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	8	4	128	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y	5	8	3	120	Revisión de la condición de las

				sobrecalentamiento del motor.					mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	4	64	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	9	5	90	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	2	8	6	96	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	2	8	5	80	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Revisión contante la temperatura del motor.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	5	120	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.

Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	2	60	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	4	8	4	128	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	2	7	5	70	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en la maquinaria.	2	8	4	64	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	2	8	5	80	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	5	105	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 14. Análisis AMFE para la Volqueta Hino #4

	Ilustre Municipalidad del Cantón Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial								
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate								
	Máquina:	Volqueta Hino #4	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022			
	Sistema:	Dirección	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022			
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	La máquina es imposibilitada de moverse a alguno de los lados.	3	7	3	63	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización de la máquina.	3	8	5	120	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.

Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	7	2	42	Evitar los movimientos abruptos de la máquina.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	6	3	90	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	5	8	2	80	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	4	96	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	8	3	96	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	5	3	4	60	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.

Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	4	6	3	72	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	6	6	3	108	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	4	84	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	3	90	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	2	7	3	42	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	5	5	2	50	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro.
Válvula 2/2	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	5	7	3	105	Inspección periódica de la válvula.



Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	2	42	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	2	6	4	48	Inspección constante del limitador de presión.
Sistema de Suspensión									
Barra estabilizadora	Estabilizar la máquina ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en la máquina.	Inestabilidad de la máquina.	3	8	2	48	Evitar golpes y sobrecarga en la máquina.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina la máquina.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	4	6	3	70	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento de la máquina.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	5	6	3	90	Revisión de los resortes antes de poner en marcha la máquina.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	6	3	72	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	8	5	120	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.

Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos de la maquinaria.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	3	7	4	84	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	7	5	105	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	3	8	4	96	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	8	4	128	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y	5	8	3	120	Revisión de la condición de las

				sobrecalentamiento del motor.					mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	4	64	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	9	5	90	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	2	8	6	96	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	2	8	5	80	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	5	105	Revisión contante la temperatura del motor.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	5	120	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.

Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	2	60	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	4	8	4	128	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	2	7	5	70	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en la maquinaria.	2	8	4	64	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	2	8	5	80	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	5	105	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 15. Análisis AMFE para la Retroexcavadora Caterpillar #1

	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial									
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate									
	Máquina:	Retroexcavadora Caterpillar #1	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022				
	Sistema:	Motriz	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022				
	Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción	
					F	G	D	IPR		
Subsistema de Lubricación del Motor										
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.	
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	7	5	140	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.	
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	4	7	4	112	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.	
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	2	5	4	40	Revisión del elemento enfriador.	
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel de aceite en el sistema.	2	4	4	32	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.	
Subsistema de Refrigeración del Motor										
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	8	4	128	Revisión periódica del ventilador.	

Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	5	8	3	120	Revisión y baquetado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	6	5	90	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos y Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	5	7	3	105	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	4	84	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	4	96	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	3	90	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	8	5	120	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.



Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	4	96	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	4	8	4	128	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	5	80	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	4	96	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	8	4	64	Revisión constante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	4	84	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	8	4	96	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	2	7	5	70	Revisión constante la temperatura del motor.

Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	4	84	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	6	5	90	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	2	7	5	70	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	5	120	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	4	7	4	112	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	4	7	3	84	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	3	8	5	120	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	3	7	4	84	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	7	3	84	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.

Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Dirección									
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Bomba	Permite direccionar la máquina mediante la presión del aceite.	Presión baja en el sistema.	Falta de aceite en el tanque.	Nivel de presión baja, no permite direccionar la máquina.	3	7	5	105	Inspección del depósito de aceite y verificar posibles fugas.
Eje de la parte delantera	Permite el soporte de los elementos del sistema de dirección.	Fractura del soporte.	Altos niveles de sobrecarga en la máquina.	Para total de la maquinaria.	3	8	4	96	Revisión e inspección del eje antes de operar la máquina.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	4	7	4	112	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	5	7	3	105	Revisión y cambio de filtro.
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	3	7	4	84	Inspección periódica de la válvula.
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	3	6	4	72	Inspección constante del limitador de presión.

Cilindros hidráulicos (rotación, estabilizador, cucharón y pluma)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Bomba de direccionamiento	Proporciona la presión requerida y envía el aceite a la caja de direcciones.	Mal funcionamiento de la bomba.	Nivel bajo de fluido dentro de la bomba.	Nivel bajo de presión lo cual no permite el giro de las ruedas.	3	7	5	105	Revisión periódica de la bomba.
Caja de transferencia	Permite la distribución de la potencia del motor entre los ejes.	Deterioro y fractura de los piñones de la caja.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	Dificultad para el cambio de marcha de la maquinaria.	3	7	4	84	Lubricación y revisión de la caja.

Tabla 16. Análisis AMFE para la Retroexcavadora Caterpillar #2

	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial									
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate									
	Máquina:	Retroexcavadora Caterpillar #2	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022				
	Sistema:	Motriz	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022				
	Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción	
Subsistema de Lubricación del Motor										
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	4	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.	
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	7	5	140	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.	
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	4	7	4	112	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.	
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	2	5	4	40	Revisión del elemento enfriador.	
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel de aceite en el sistema.	2	4	4	32	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.	
Subsistema de Refrigeración del Motor										
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	8	4	128	Revisión periódica del ventilador.	

Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	5	8	3	120	Revisión y baquetado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	6	5	90	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	5	7	3	105	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	4	84	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	8	4	96	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	5	6	3	90	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	8	5	120	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	7	3	84	Revisión y limpieza del filtro.



Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	2	7	3	42	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	4	96	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	4	8	4	128	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	5	80	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	4	96	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	2	8	4	64	Revisión constante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	4	84	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	8	4	96	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	2	7	5	70	Revisión constante la temperatura del motor.

Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	4	84	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	6	5	90	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	2	7	5	70	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	5	120	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	4	7	4	112	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	4	7	3	84	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	3	8	5	120	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	3	7	4	84	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	7	3	84	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.

Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Dirección									
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	2	42	Conducir con precautela la máquina.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	2	6	4	48	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Bomba	Permite direccionar la máquina mediante la presión del aceite.	Presión baja en el sistema.	Falta de aceite en el tanque.	Nivel de presión baja, no permite direccionar la máquina.	3	7	5	105	Inspección del depósito de aceite y verificar posibles fugas.
Eje de la parte delantera	Permite el soporte de los elementos del sistema de dirección.	Fractura del soporte.	Altos niveles de sobrecarga en la máquina.	Para total de la maquinaria.	3	8	4	96	Revisión e inspección del eje antes de operar la máquina.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	4	7	4	112	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	5	7	3	105	Revisión y cambio de filtro.
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	3	7	4	84	Inspección periódica de la válvula.
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	4	7	3	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	3	6	4	72	Inspección constante del limitador de presión.

Cilindros hidráulicos (rotación, estabilizador, cucharón y pluma)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	3	7	5	105	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	3	54	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	4	84	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	4	6	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	4	6	2	48	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Bomba de direccionamiento	Proporciona la presión requerida y envía el aceite a la caja de direcciones.	Mal funcionamiento de la bomba.	Nivel bajo de fluido dentro de la bomba.	Nivel bajo de presión lo cual no permite el giro de las ruedas.	3	7	5	105	Revisión periódica de la bomba.
Caja de transferencia	Permite la distribución de la potencia del motor entre los ejes.	Deterioro y fractura de los piñones de la caja.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	Dificultad para el cambio de marcha de la maquinaria.	3	7	4	84	Lubricación y revisión de la caja.

Tabla 17. Análisis AMFE para la Excavadora Hyundai

	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial									
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate									
	Máquina:	Excavadora Hyundai	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:					09/11/2022
	Sistema:	Hidráulico	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:					30/11/2022
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.					
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción	
					F	G	D	IPR		
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	4	7	4	112	Chequeo periódico del tanque de aceite.	
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	8	3	96	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.	
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	5	6	4	120	Revisión y cambio de filtro.	
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	4	6	5	120	Inspección periódica de la válvula.	
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	6	5	90	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.	
Cilindros hidráulicos (rotación, estabilizador, cucharón y pluma)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	4	7	4	112	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.	
Tuberías	Permite llevar el fluido hidráulico por todo el sistema.	Rotura de las tuberías.	Golpes y sobreesfuerzos en las tuberías del sistema hidráulico.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	4	8	3	96	Evitar los golpes en las tuberías al momento de realizar los trabajos.	

Sistema de Dirección									
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	6	4	72	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Bomba	Permite direccionar la máquina mediante la presión del aceite.	Presión baja en el sistema.	Falta de aceite en el tanque.	Nivel de presión baja, no permite direccionar la máquina.	3	7	4	84	Inspección del depósito de aceite y verificar posibles fugas.
Control dirección	Permite direccionar la maquinaria.	Desgaste de los empaques de la válvula de rotación.	Uso exigido del control de dirección.	No se puede direccionar la maquinaria.	3	7	4	84	Revisión y chequeo de la válvula de rotación.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	8	4	96	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	6	4	72	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	7	4	112	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	4	120	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	7	3	105	Revisión periódica del nivel de líquido.



Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	3	7	4	84	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbonos.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	3	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Cables	Se encargan de conducir la energía eléctrica por todo el sistema.	Cortadura y deterioro de los cables.	Cortocircuitos o roses con otros elementos del sistema.	La energía eléctrica no llega a los diferentes componentes.	4	6	4	96	Revisar y verificar el estado de los cables.
Bujía	Genera la chispa para el proceso de encendido de la máquina.	La bujía no genera la chispa.	Presencia de humedad u hollín en la bujía.	La máquina no enciende.	4	7	4	112	Revisar y realizar una limpieza a la bujía.
Sistema Tren de rodaje de la máquina									
Guías (Ruedas)	Permite guiar la cadena para el movimiento de la maquinaria.	Deterioro y desgaste de las ruedas de guiado.	Sobreesfuerzo de la maquinaria en trabajos forzados.	Descarrilamiento de la máquina y paralización de la misma.	3	8	3	72	Revisión y reemplazo de acoples desgastados.
Cadenas	Permite el movimiento de la maquinaria.	Quebradura de la cadena.	Sobreesfuerzo en el movimiento de la maquinaria.	Inmovilización de la maquinaria.	4	8	4	128	Revisión y limpieza de las cadenas del tren de rodamiento.
Mando final	Permite transferir potencia a las cadenas mientras se reduce la velocidad.	Fractura de parte dentada del engrane.	Desgaste y nivel de lubricación bajo en los engranes del mando.	Remordimiento de los engranes.	3	8	4	96	Revisión y lubricación de los engranes del mando final.
Bocines	Permiten el acople de las cadenas del tren de rodamiento.	Deterioro y fractura de los bocines.	Falta de lubricación y golpeteo con otros elementos.	Desacople y posterior descarrilamiento de la maquinaria.	3	7	5	105	Revisión periódica del estado de los bocines del tren de rodaje.
Pines	Permiten la unión de los eslabones de las cadenas.	Deterioro de los pines.	Final de vida útil y deterioro del pin por la fricción.	Desacople y posterior descarrilamiento de la maquinaria.	3	7	3	63	Revisión y chequeo de los pines de la cadena.

Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	6	5	90	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	4	4	48	Revisión del elemento enfriador.
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel aceite en el sistema.	3	5	4	60	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	7	3	84	Revisión y baquetado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	5	105	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	5	7	3	105	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.

Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	5	5	100	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	6	4	72	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	7	5	105	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	4	7	3	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	8	4	96	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	3	7	4	84	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	7	3	84	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	8	4	96	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	8	5	120	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.

Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	3	7	4	84	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	4	96	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	3	7	4	84	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	5	105	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	7	4	84	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Revisión contante la temperatura del motor.

Tabla 18. Análisis AMFE para el Minicargador Caterpillar

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial								
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate								
		Máquina:	Minicargador Caterpillar	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:				09/11/2022
		Sistema:	Frenado	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:				30/11/2022
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.					
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción	
					F	G	D	IPR		
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	4	7	4	112	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.	
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	6	5	90	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.	
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y perdida de presión en el sistema.	3	7	5	105	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.	
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	4	96	Chequeo periódico del resorte del pistón.	
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y perdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.	
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	4	7	5	140	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.	
Sistema de Transmisión										
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	6	4	72	Revisión del cardán y crucetas.	

Embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	3	7	3	63	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	8	4	96	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	3	8	3	72	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Bomba de direccionamiento	Proporciona la presión requerida y envía el aceite a la caja de direcciones.	Mal funcionamiento de la bomba.	Nivel bajo de fluido dentro de la bomba.	Nivel bajo de presión lo cual no permite el giro de las ruedas.	3	8	5	120	Revisión periódica de la bomba.
Caja de transferencia	Permite la distribución de la potencia del motor entre los ejes.	Deterioro y fractura de los piñones de la caja.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	Dificultad para el cambio de marcha de la maquinaria.	3	7	4	84	Lubricación y revisión de la caja.
Ejes	Permiten girar el mecanismo como una sola unidad, aumentando la velocidad de forma paulatina.	Deterioro y fractura de la parte dentada de los ejes.	Desgaste y fricción excesiva del elemento por nivel bajo de lubricación.	Paro total de la maquinaria.	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranajes planetarios.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	4	6	4	96	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	6	5	120	Revisión y cambio de filtro.
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	3	6	4	72	Inspección periódica de la válvula.
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.



Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	3	7	4	84	Inspección constante del limitador de presión.
Cilindros hidráulicos (pala)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	3	8	5	120	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	4	6	5	120	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	3	7	4	84	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Sistema de Dirección									
Neumáticos	Permiten el desplazamiento de la maquinaria por cualquier tipo de terrenos.	Deterioro de los bocines y desgaste del material del neumático.	Final de la vida útil del elemento, trabajos demasiado exigidos.	Imposibilidad de operación de la máquina, no se puede mover.	4	7	4	112	Revisión de los neumáticos antes de operar la maquinaria.
Mando final	Permite transferir potencia a las ruedas mientras se reduce la velocidad.	Fractura de parte dentada del engrane.	Desgaste y nivel de lubricación bajo en los engranes del mando.	Remordimiento de los engranes.	3	8	4	96	Revisión y lubricación de los engranes del mando final.

Zapatatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y cambio de zapatas.
Sistema de Motor									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	3	7	4	84	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	8	4	96	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel aceite en el sistema.	3	6	3	54	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	7	4	112	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	8	4	96	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.

Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obturación por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	6	4	72	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	2	8	4	64	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	7	4	84	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	4	84	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	3	6	4	72	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	3	8	5	120	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.

Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	8	4	96	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	8	4	64	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	4	94	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	3	7	4	84	Revisión constante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	3	63	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	2	7	3	42	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Revisión constante la temperatura del motor.

Tabla 19. Análisis AMFE para la Cargadora Case

	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial								
	Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate								
	Máquina:	Cargadora Case	Realizado por:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022			
	Sistema:	Hidráulico	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022			
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	3	6	4	72	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	3	84	Revisión y cambio de filtro.
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	3	7	3	63	Inspección periódica de la válvula.
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Limitador de presión	Protege de sobrepresiones al sistema.	Fisura de los conductos o mangueras.	Nivel de presión elevada dentro del sistema.	Fuga de fluido y pérdida de presión.	3	7	3	63	Inspección constante del limitador de presión.
Cilindros hidráulicos (pala y elevador)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	4	7	4	112	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.

Tuberías	Permite llevar el fluido hidráulico por todo el sistema.	Rotura de las tuberías.	Golpes y sobreesfuerzos en las tuberías del sistema hidráulico.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	4	5	4	80	Evitar los golpes en las tuberías al momento de realizar los trabajos.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	4	6	4	96	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	5	140	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	5	6	4	120	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	7	4	84	Revisión del cardán y crucetas.
Embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	4	7	4	112	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	8	5	120	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.



				transformar el movimiento.					
Bomba de direccionamiento	Proporciona la presión requerida y envía el aceite a la caja de direcciones.	Mal funcionamiento de la bomba.	Nivel bajo de fluido dentro de la bomba.	Nivel bajo de presión lo cual no permite el giro de las ruedas.	3	8	3	72	Revisión periódica de la bomba.
Caja de transferencia	Permite la distribución de la potencia del motor entre los ejes.	Deterioro y fractura de los piñones de la caja.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	Dificultad para el cambio de marcha de la maquinaria.	3	7	4	84	Lubricación y revisión de la caja.
Ejes	Permiten girar el mecanismo como una sola unidad, aumentando la velocidad de forma paulatina.	Deterioro y fractura de la parte dentada de los ejes.	Desgaste y fricción excesiva del elemento por nivel bajo de lubricación.	Paro total de la maquinaria.	3	6	4	72	Lubricación y revisión de los engranajes planetarios.
Sistema Eléctrico									
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	5	6	4	120	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	3	7	4	84	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Regulador de voltaje	Permite obtener un nivel de tensión de forma invariable.	Mal funcionamiento del regulador de voltaje.	Sobrecalentamiento de regulador de voltaje	Sobrecarga a otros elementos del sistema.	4	7	5	140	Chequeo de los elementos del sistema eléctrico.
Interruptor de paro	Permite detener o apagar la maquina en casos de peligro.	Mal funcionamiento del interruptor.	Fusibles dañados.	No se puede visualizar los indicadores del estado de la maquinaria.	3	7	4	84	Revisión y cambio de fusibles dañados.

Sistema de Dirección									
Volante	Permite el control total del direccionamiento de la máquina.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	4	84	Conducir con precautela la máquina.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	La máquina queda sin control del direccionamiento.	3	7	3	63	Controlar los sobreesfuerzos al operar la máquina.
Bomba	Permite direccionar la máquina mediante la presión del aceite.	Presión baja en el sistema.	Falta de aceite en el tanque.	Nivel de presión baja, no permite direccionar la máquina.	3	7	4	84	Inspección del depósito de aceite y verificar posibles fugas.
Eje de la parte delantera	Permite el soporte de los elementos del sistema de dirección.	Fractura del soporte.	Altos niveles de sobrecarga en la máquina.	Para total de la maquinaria.	3	6	4	72	Revisión e inspección del eje antes de operar la máquina.
Sistema de Motor									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	4	5	3	60	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	5	6	4	120	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	5	4	60	Revisión del elemento enfriador.
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel aceite en el sistema.	3	6	4	72	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.

Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	5	5	4	100	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	8	3	72	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	6	4	72	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	5	5	75	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	2	6	5	60	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	7	4	84	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	6	4	72	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	3	6	4	72	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.

Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	3	7	4	84	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	6	5	90	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	3	63	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	6	4	72	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	7	3	63	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	3	7	4	84	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	6	4	72	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	5	5	75	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Revisión contante la temperatura del motor.

Tabla 20. Análisis AMFE para el Tractor de Orugas Caterpillar

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Tractor Caterpillar	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Eléctrico	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque de la máquina.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido de la máquina.	4	6	4	96	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	La máquina no arranca.	4	7	4	112	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos de la máquina.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque de la máquina.	4	7	3	84	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación de la máquina.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación de la máquina.	4	6	3	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	3	6	4	96	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Cables	Se encargan de conducir la energía eléctrica por todo el sistema.	Cortadura y deterioro de los cables.	Cortocircuitos o roses con otros elementos del sistema.	La energía eléctrica no llega a los diferentes componentes.	4	5	3	60	Revisar y verificar el estado de los cables.
Bujía	Genera la chispa para el proceso de encendido de la máquina.	La bujía no genera la chispa.	Presencia de humedad u hollín en la bujía.	La máquina no enciende.	4	7	3	84	Revisar y realizar una limpieza a la bujía.
Sistema de carga									

Acoples	Permiten la unión de las mangueras con el sistema del cilindro.	Desgaste de la parte roscada del acople.	Esfuerzo excesivo de la maquinaria, golpes con otros elementos.	Fuga del aceite del sistema.	4	6	4	96	Revisión periódica de la parte roscada de los acoples.
Gatos hidráulicos	Permite abrir, cerrar, contraer, expandir, subir y bajar los elementos mecánicos controlados por el sistema hidráulico.	Atascamiento del vástago del cilindro hidráulico.	Nivel bajo de aceite para el trabajo del cilindro.	No se pueden mover los elementos mecánicos controlados por el sistema hidráulico.	4	7	5	140	Revisión e inspección del nivel y posibles fugas de aceite.
Mangueras/Conductos	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema. No se pueden mover los elementos mecánicos.	4	6	4	96	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Sistema Hidráulico									
Depósito de aceite	Almacena el aceite que será enviado a la bomba hidráulica.	Rotura del tanque.	Altos niveles de vibración de la máquina.	Fuga de aceite y daño de la bomba.	3	5	4	60	Chequeo periódico del tanque de aceite.
Mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de fluido y desnivel de aceite en el sistema.	4	6	4	96	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Cilindro con bajo nivel de aceite hidráulico.	4	7	5	140	Revisión y cambio de filtro.
Válvulas	Permite el paso o bloqueo del fluido.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil de los resortes.	Imposibilidad de controlar la posición la válvula.	3	7	4	84	Inspección periódica de la válvula.
Bomba	Proporciona la presión requerida para accionar el pistón.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Perdida de presión en el sistema y accionamiento nulo de los pistones.	4	7	4	112	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Cilindros hidráulicos (rotación, estabilizador, cucharón y pluma)	Se encarga de impulsar o mover los componentes mecánicos.	Atascamiento del vástago del cilindro.	Nivel bajo de aceite dentro del cilindro.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	4	8	4	128	Revisar periódicamente los niveles de aceite en los cilindros.
Tuberías	Permite llevar el fluido hidráulico por todo el sistema.	Rotura de las tuberías.	Golpes y sobreesfuerzos en las tuberías del sistema hidráulico.	No se pueden mover o impulsar los componentes mecánicos de la maquinaria.	3	6	3	54	Evitar los golpes en las tuberías al momento de realizar los trabajos.
Sistema de Frenado									



Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	3	63	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	4	6	4	96	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	7	4	112	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	3	5	4	60	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado de la máquina.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar a la máquina.	4	7	4	112	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema Tren de rodaje de la máquina									
Guías	Permite guiar la cadena para el movimiento de la maquinaria.	Deterioro y desgaste de las ruedas de guiado.	Sobreesfuerzo de la maquinaria en trabajos forzados.	Descarrilamiento de la máquina y paralización de la misma.	3	6	4	72	Revisión y reemplazo de acoples desgastados.
Cadenas	Permite el movimiento de la maquinaria.	Quebradura de la cadena.	Sobreesfuerzo en el movimiento de la maquinaria.	Inmovilización de la maquinaria.	5	7	3	105	Revisión y limpieza de las cadenas del tren de rodamiento.
Mando final	Permite transferir potencia a las cadenas mientras se reduce la velocidad.	Fractura de parte dentada del engrane.	Desgaste y nivel de lubricación bajo en los engranes del mando.	Remordimiento de los engranes.	3	7	4	84	Revisión y lubricación de los engranes del mando final.
Bocines	Permiten el acople de las cadenas del tren de rodamiento.	Deterioro y fractura de los bocines.	Falta de lubricación y golpeteo con otros elementos.	Desacople y posterior descarrilamiento de la maquinaria.	4	7	4	112	Revisión periódica del estado de los bocines del tren de rodaje.
Pines	Permiten la unión de los eslabones de las cadenas.	Deterioro de los pines.	Final de vida útil y deterioro del pin por la fricción.	Desacople y posterior descarrilamiento de la maquinaria.	3	5	5	75	Revisión y chequeo de los pines de la cadena.
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización de la máquina.	3	7	5	105	Revisión del cardán y crucetas.

Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento a la máquina.	3	8	5	120	Cambiar de marcha con cuidado.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	4	7	4	112	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	3	6	4	72	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	4	8	4	128	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento de la maquinaria.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	4	72	Revisión del elemento enfriador.
Nivel de aceite (varilla)	Muestra el nivel de aceite contenido en el sistema.	Doblado de la varilla.	Colocación brusca de la varilla.	Mala lectura del nivel aceite en el sistema.	3	5	4	60	Revisión de la varilla y colocación correcta en su lugar.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	7	4	112	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	4	8	4	128	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	4	84	Revisión y cuidado de la válvula.

Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	6	4	96	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en la maquinaria.	3	7	3	63	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones de la maquinaria.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	3	7	4	84	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	4	7	3	84	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	4	84	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	6	4	96	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	3	8	5	120	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	7	3	63	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema Mecánico del Motor									

Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	8	3	72	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	3	7	3	63	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	7	4	84	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa de la máquina.	4	8	4	128	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo de la máquina.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	4	7	3	84	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	7	3	63	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	4	8	4	128	Revisión contante la temperatura del motor.

Tabla 21. Análisis AMFE para la Camioneta Toyota #1

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Camioneta Toyota #1	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Suspensión	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Barra estabilizadora	Estabilizar el vehículo ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	4	112	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina el vehículo.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	5	6	4	120	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento del vehículo.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	3	6	4	72	Revisión de los resortes antes de poner en marcha el vehículo.
Barra de torción	Permiten absorber los movimientos bruscos al momento de conducir el vehículo.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	6	3	54	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Ballestas	Permiten la suspensión del vehículo al actuar en forma de resorte.	Fractura de alguna de las ballestas.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y engrase de las ballestas antes de la utilización del vehículo.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	3	63	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.

Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	7	4	84	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	8	3	72	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	6	4	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado del vehículo.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar el vehículo.	4	7	4	120	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema de Dirección									
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento del vehículo.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	7	3	63	Conducir con cautela el vehículo.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	El vehículo es imposibilitado de moverse a alguno de los lados.	3	7	4	84	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	8	4	96	Controlar los sobreesfuerzos al operar el vehículo.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización del vehículo.	4	7	4	112	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema Eléctrico									



Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque del vehículo.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido del vehículo.	4	7	3	84	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	El vehículo no arranca.	3	7	3	63	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos del vehículo.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación del vehículo.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación del vehículo.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	5	6	4	120	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Correa	Transmite el movimiento de giro del motor para generar energía eléctrica en el alternador.	Rotura u holgura de la correa.	Altos niveles de vibración en el vehículo.	El alternador no puede generar corriente.	4	7	4	112	Revisar la correa antes de poner en operación el vehículo.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización del vehículo.	3	7	3	63	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	4	7	4	112	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	8	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	7	3	63	Evitar los movimientos abruptos del vehículo.

Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	3	63	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento del vehículo.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	3	54	Revisión del elemento enfriador.
Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos del vehículo.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	3	63	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.

Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	5	7	3	105	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	3	7	3	63	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa del vehículo.	3	7	3	63	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	3	63	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	6	4	72	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	8	4	96	Revisión contante la temperatura del motor.

Cárter	Actúa como depósito de aceite.	Rotura del cárter.	Altos niveles de vibración del vehículo, golpes con otros elementos.	Bajos niveles de lubricación por la fuga de aceite.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	3	7	4	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	2	8	3	48	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones del vehículo.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	2	7	4	56	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	3	6	3	54	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	3	63	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	3	6	4	72	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en el vehículo.	3	7	3	63	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	3	7	3	63	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	4	84	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 22. Análisis AMFE para la Camioneta Toyota #2

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de Ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Camioneta Toyota #2	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Suspensión	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
		Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.		
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Barra estabilizadora	Estabilizar el vehículo ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	4	112	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina el vehículo.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	5	6	4	120	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento del vehículo.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	3	6	4	72	Revisión de los resortes antes de poner en marcha el vehículo.
Barra de torción	Permiten absorber los movimientos bruscos al momento de conducir el vehículo.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	6	3	54	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Ballestas	Permiten la suspensión del vehículo al actuar en forma de resorte.	Fractura de alguna de las ballestas.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	3	84	Revisión y engrase de las ballestas antes de la utilización del vehículo.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	3	63	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.

Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	7	4	84	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	3	72	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	8	3	72	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	6	4	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado del vehículo.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar el vehículo.	4	7	4	120	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema de Dirección									
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	4	7	4	112	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento del vehículo.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	7	3	63	Conducir con cautela el vehículo.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	El vehículo es imposibilitado de moverse a alguno de los lados.	3	7	4	84	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	8	4	96	Controlar los sobreesfuerzos al operar el vehículo.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización del vehículo.	4	7	4	112	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema Eléctrico									

Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque del vehículo.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido del vehículo.	4	7	3	84	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	El vehículo no arranca.	3	7	3	63	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos del vehículo.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación del vehículo.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación del vehículo.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	5	6	4	120	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Correa	Transmite el movimiento de giro del motor para generar energía eléctrica en el alternador.	Rotura u holgura de la correa.	Altos niveles de vibración en el vehículo.	El alternador no puede generar corriente.	4	7	4	112	Revisar la correa antes de poner en operación el vehículo.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización del vehículo.	3	7	3	63	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	4	7	4	112	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	8	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	7	3	63	Evitar los movimientos abruptos del vehículo.

Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									
Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	3	63	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	4	7	4	112	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento del vehículo.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	3	54	Revisión del elemento enfriador.
Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos del vehículo.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	4	7	4	112	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	4	8	4	128	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obturación del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	3	63	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.

Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	5	7	3	105	Revisión y baqueteado del radiador.
Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	3	7	4	84	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	3	7	3	63	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa del vehículo.	3	7	3	63	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	3	63	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	6	4	72	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	8	4	96	Revisión contante la temperatura del motor.

Cárter	Actúa como depósito de aceite.	Rotura del cárter.	Altos niveles de vibración del vehículo, golpes con otros elementos.	Bajos niveles de lubricación por la fuga de aceite.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Admisión del Motor									
Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	3	7	4	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	2	8	3	48	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones del vehículo.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	2	7	4	56	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	3	6	3	54	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	3	63	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	3	6	4	72	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en el vehículo.	3	7	3	63	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	3	7	3	63	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	4	84	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 23. Análisis AMFE para el Jeep Suzuki #1

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Jeep Suzuki #1	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Suspensión	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
		Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.		
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Barra estabilizadora	Estabilizar el vehículo ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	4	112	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina el vehículo.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	3	6	4	72	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento del vehículo.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	3	6	4	72	Revisión de los resortes antes de poner en marcha el vehículo.
Barra de torsión	Permiten absorber los movimientos bruscos al momento de conducir el vehículo.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	6	3	54	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Ballestas	Permiten la suspensión del vehículo al actuar en forma de resorte.	Fractura de alguna de las ballestas.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	7	3	63	Revisión y engrase de las ballestas antes de la utilización del vehículo.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	3	63	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.

Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	7	4	84	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	5	120	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	3	63	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	6	4	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado del vehículo.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar el vehículo.	4	7	4	112	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema de Dirección									
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	3	7	4	84	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento del vehículo.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	7	3	63	Conducir con cautela el vehículo.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	El vehículo es imposibilitado de moverse a alguno de los lados.	3	7	4	84	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	8	4	96	Controlar los sobreesfuerzos al operar el vehículo.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización del vehículo.	4	7	4	112	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema Eléctrico									

Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque del vehículo.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	El vehículo no arranca.	3	7	3	63	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos del vehículo.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación del vehículo.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación del vehículo.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Correa	Transmite el movimiento de giro del motor para generar energía eléctrica en el alternador.	Rotura u holgura de la correa.	Altos niveles de vibración en el vehículo.	El alternador no puede generar corriente.	4	7	3	84	Revisar la correa antes de poner en operación el vehículo.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización del vehículo.	3	7	3	63	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	4	7	4	112	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	8	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	2	7	3	42	Evitar los movimientos abruptos del vehículo.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									

Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	3	63	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	3	7	4	84	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento del vehículo.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	3	54	Revisión del elemento enfriador.
Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos del vehículo.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	3	7	4	84	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	3	8	4	96	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	3	63	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	6	5	120	Revisión y baqueteado del radiador.

Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	2	7	4	56	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	2	7	4	56	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	7	3	42	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa del vehículo.	3	7	3	63	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	3	63	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	6	4	72	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	8	4	96	Revisión contante la temperatura del motor.
Cárter	Actúa como depósito de aceite.	Rotura del cárter.	Altos niveles de vibración del vehículo, golpes con otros elementos.	Bajos niveles de lubricación por la fuga de aceite.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Admisión del Motor									

Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	3	7	4	84	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	2	8	3	48	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones del vehículo.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	2	7	4	56	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	3	6	3	54	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	3	63	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	3	6	4	72	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en el vehículo.	2	7	4	56	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	3	7	3	63	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	4	84	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

Tabla 24. Análisis AMFE para el Jeep Suzuki #2

		Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Cristóbal de Patate Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Carrera de ingeniería Industrial							
		Análisis AMFE para Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM Patate							
		Máquina:	Jeep Suzuki #2	Realizado:	Darío Centeno	Data de elab.:	09/11/2022		
		Sistema:	Suspensión	Revisado:	Ing. Urrutia F.	Data de rev.:	30/11/2022		
Subsistema:	N/A	Aprueba:	Ing. Urrutia F.	Tutor	Ing. Urrutia F.				
Elemento o Componente	Función del Elemento	Fallo	Causa	Efecto	Evaluación				Acción
					F	G	D	IPR	
Barra estabilizadora	Estabilizar el vehículo ante una curva.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo.	Inestabilidad del vehículo.	4	7	4	112	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Amortiguadores	Amortiguar las vibraciones que origina el vehículo.	Rotura del amortiguador.	Sobrecarga y golpes de las ruedas ante caminos irregulares.	La no amortiguación conlleva agravios en otros componentes.	3	6	4	72	Revisión de la condición del amortiguador.
Resortes	Concentra la energía producida por el movimiento del vehículo.	Fractura del resorte.	Sobrecarga y altos niveles de vibración de la maquinaria.	Nivel bajo de estabilidad de la máquina.	3	6	4	72	Revisión de los resortes antes de poner en marcha el vehículo.
Barra de torción	Permiten absorber los movimientos bruscos al momento de conducir el vehículo.	Fractura de la barra.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	6	3	54	Evitar golpes y sobrecargas en el vehículo.
Ballestas	Permiten la suspensión del vehículo al actuar en forma de resorte.	Fractura de alguna de las ballestas.	Sobrepeso de carga en el vehículo o golpes por baches.	Inestabilidad del vehículo.	3	7	5	105	Revisión y engrase de las ballestas antes de la utilización del vehículo.
Sistema de Frenado									
Freno de pedal	Activa el sistema hidráulico para frenado.	Pedal de frenado flojo.	Deterioro del pin del pedal de frenado.	Frenado inexacto e irregular.	3	7	3	63	Revisar permanentemente el seguro del pedal de frenado.
Válvula de frenos	Controla la presión del sistema hidráulico de frenado.	Pérdida de presión y desgaste de la válvula.	Deterioro del resorte de la válvula, tiempo de vida útil.	Baja presión en el sistema hidráulico.	3	7	4	84	Revisar la válvula del sistema de frenado periódicamente.

Zapatas	Mecanismo de frenado que permite reducir la velocidad de las ruedas.	Desgaste del forro de la zapata.	Demasiada utilización del sistema de frenado.	Frenado irregular del vehículo.	4	7	4	112	Revisión y cambio de zapatas.
Bomba de freno	Transferir la fuerza ejercida sobre el pedal en energía hidráulica.	Pérdida de presión y desgaste de los empaques de la bomba.	Final de tiempo de vida útil de los empaques.	Fuga del líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	7	4	84	Inspeccionar el nivel de líquido de freno.
Resortes	Retornar el pistón cuando la presión es baja.	Fractura del resorte.	Altas sobrecargas en la presión.	Trabajo inadecuado de los pistones, no regresan a su posición inicial.	4	6	5	120	Chequeo periódico del resorte del pistón.
Corona	Sistema de regulación de velocidad.	Rotura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	Desgaste y rotura total de los engranes.	3	7	3	63	Revisión y mantenimiento periódico de la corona.
Mangueras	Medio por el que circula el líquido al sistema.	Fisura de la manguera.	Desgaste por tiempo de vida útil.	Fuga de líquido y pérdida de presión en el sistema.	3	6	4	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Freno de mano	Realiza presión sobre el disco para un frenado del vehículo.	Desajuste del seguro para el freno.	Mal estado del cable de accionamiento.	Imposibilidad de accionar el freno y asegurar el vehículo.	4	7	4	112	Revisión de la calibración y estado del cable del seguro del freno.
Sistema de Dirección									
Rótulas	Posibilita el movimiento de rotación y vertical de las ruedas delanteras.	Rompimiento de la estructura de la rótula.	Golpeo al trabajar y transitar por terrenos irregulares.	Se origina un sonido de fricción de los elementos.	3	7	4	84	Tener cuidado al conducir y evitar los baches de carretera.
Volante	Permite el control total del direccionamiento del vehículo.	Deterioro de los elementos que conectan al volante.	Final de la vida útil o uso descontrolado del volante.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	7	3	63	Conducir con cautela el vehículo.
Cremalleras	Facilita el movimiento de las ruedas a los lados.	Deterioro o rotura de los dientes de la barra.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	El vehículo es imposibilitado de moverse a alguno de los lados.	3	7	4	84	Lubricar y revisar la parte dentada de la cremallera.
Columna de dirección	Trasfiere el movimiento de rotación del volante al engrane de dirección.	Daño en los cojinetes del eje.	Final de la vida útil del elemento.	El vehículo queda sin control del direccionamiento.	3	8	4	96	Controlar los sobreesfuerzos al operar el vehículo.
Crucetas	Transmite el movimiento entre varios elementos.	Deterioro de los elementos.	Poca o nula lubricación de la parte dentada de la cremallera.	Inmovilización del vehículo.	4	7	4	112	Lubricación y revisión de las crucetas.
Sistema Eléctrico									

Batería	Se encarga de almacenar energía para el arranque del vehículo.	Deterioro y descarga de la batería.	Nivel de líquido casi nulo en la batería.	No carga energía e imposibilita el encendido del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del nivel de líquido.
Subsistema de arranque	Proporciona el giro inicial para que el motor empiece a funcionar.	Fractura de la parte dentada del engrane.	Deterioro de los dientes del engrane por la fricción.	El vehículo no arranca.	3	7	3	63	Revisión periódica de la parte dentada de los engranes del motor de arranque.
Alternador	Proporciona corriente alterna a los componentes eléctricos del vehículo.	No se está cargando la batería.	Deterioro de los carbones.	Recarga nula de la batería por ende no permite el arranque del vehículo.	4	7	4	112	Revisión periódica del alternador.
Iluminación	Permite la iluminación del vehículo.	Quema de focos de iluminación.	Rozamiento de cables desgastados y corto circuitos.	Nula iluminación del vehículo.	3	6	4	72	Inspección periódica de cables y conexiones eléctricas.
Fusibles	Elemento de control ante una sobre carga de voltaje o amperaje.	Quema de fusibles.	Cortos circuitos y sobrecarga del regulador.	Sistemas sin corriente por la quema de fusibles.	4	7	4	112	Revisión y cambio de fusibles dañados.
Correa	Transmite el movimiento de giro del motor para generar energía eléctrica en el alternador.	Rotura u holgura de la correa.	Altos niveles de vibración en el vehículo.	El alternador no puede generar corriente.	4	7	3	84	Revisar la correa antes de poner en operación el vehículo.
Sistema de Transmisión									
Juntas de transmisión	Juntar los elementos de transmisión.	Deterioro y fractura de la junta.	Manipulación en el cardán o las crucetas.	Paralización del vehículo.	3	7	3	63	Revisión del cardán y crucetas.
Disco embrague	Acople o desacople del sistema motriz al de transmisión.	Desgaste y fisura del disco.	Fricción y uso excesivo del disco.	Imposibilidad de cambio de marcha.	4	7	4	112	Revisión del disco de embrague.
Caja velocidades	Aumenta o disminuye la relación de transmisión de velocidad a las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	3	8	3	72	Cambiar de marcha con cuidado.
Diferencial	Convierte el giro longitudinal en giro transversal en las ruedas.	Desgaste y fractura de la parte dentada de los engranes.	Fricción excesiva de los elementos que componen la caja por falta de lubricación.	El elemento diferencial es imposibilitado de transformar el movimiento.	3	7	3	63	Lubricación y revisión de los engranes del diferencial.
Cardán	Posibilitar el movimiento desde el diferencial hacia las ruedas.	Mala posición del cardán.	Movimiento escabroso de la maquinaria en el trabajo.	Imposibilidad de transmitir movimiento al vehículo.	2	7	3	42	Evitar los movimientos abruptos del vehículo.
Sistema Motriz									
Subsistema de Lubricación del Motor									

Conductos o mangueras	Medio por el que circula el fluido al sistema.	Fisura de las mangueras.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y daños a otros componentes.	3	7	3	63	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Filtros	Retiene impurezas contenidas en el aceite.	Obstaculización del aceite.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de lubricación, por ende, fricción entre los elementos.	3	7	4	84	Revisión y cambio de filtro en el tiempo requerido.
Bomba	Suministra aceite bajo presión hacia todos los elementos del sistema.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Fugas y nivel bajo de aceite en el sistema.	3	7	4	84	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Elemento enfriador de aceite	Conserva la temperatura ideal en el aceite.	Deterioro o rotura del elemento enfriador.	Altas vibraciones y movimiento del vehículo.	Escape del aceite en el sistema motriz.	3	6	3	54	Revisión del elemento enfriador.
Cárter	Depósito de aceite.	Deterioro o rotura del cárter.	Altas vibraciones y movimiento abruptos del vehículo.	Escape del aceite y nivel bajo de lubricación.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Alimentación de Combustible del Motor									
Filtro	Retiene impurezas contenidas en el fluido.	Obstaculización del combustible.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Bajo nivel de fluides del combustible.	3	7	4	84	Revisión y limpieza del filtro.
Tanque de almacenaje de combustible	Almacenaje del combustible de la máquina.	Deterioro o rotura del tanque.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Escape del combustible al exterior.	3	6	3	54	Revisión del depósito de almacenaje de combustible.
Bomba de alimentación	Suministra el combustible hacia la bomba de inyección.	Atascamiento de la bomba.	Partículas contaminantes en el combustible.	Nivel bajo de presión del combustible en el sistema.	3	8	4	96	Revisión de la bomba.
Elementos inyectores	Pulverización del combustible en la cámara de combustión.	Obtención del elemento inyector.	Partículas en el combustible.	Combustión nula dentro de la cámara motriz.	3	8	3	72	Revisión periódica de los inyectores de combustible.
Bomba de inyección	Suministra el combustible a presión a la cámara de combustión.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Nivel bajo de combustible enviado a la cámara de combustión.	3	7	3	63	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Subsistema de Refrigeración del Motor									
Ventilador	Provee aire al sistema del radiador.	Desgaste y fractura de alas del ventilador.	Tiempo de vida útil y golpes al ventilador.	Aumento de temperatura en el motor.	4	7	4	112	Revisión periódica del ventilador.
Termostato	Permite o no el paso del refrigerante.	Atascamiento del termostato.	Daño del resorte del termostato.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cambio del termostato en el tiempo determinado.
Radiador	Traspasar el calor del líquido al ambiente.	Obtención de los conductos del radiador.	Nivel alto de partículas dentro del radiador.	El motor se recalienta.	4	6	5	120	Revisión y baqueteado del radiador.

Bomba	Envía el fluido refrigerado por el motor.	Deterioro o rotura de los empaques de la bomba.	Final de la vida útil de los empaques.	Escape del líquido refrigerado.	2	7	4	56	Revisión y cambio de empaques en los tiempos determinados.
Válvula	Elimina el aire del sistema de refrigeración.	Atascamiento de la válvula.	Obtención por partículas como polvo entre otras.	Aumento de temperatura en el motor.	3	7	3	63	Revisión y cuidado de la válvula.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Fuga del fluido en el sistema y sobrecalentamiento del motor.	4	6	3	72	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Subsistema Mecánico del Motor									
Cigüeñal	Se encarga de transformar el movimiento del pistón en giratorio.	Deterioro del cigüeñal.	Rozamiento entre los elementos del cigüeñal.	Merma de la potencia motriz.	2	7	4	56	Inspección y lubricación periódica del cigüeñal.
Camisas	Soporta el movimiento del pistón y no permite el paso de aceite a la cámara.	Desgaste y fractura de las camisas.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motor.	2	7	3	42	Revisar la temperatura del motor.
Biela	Traspasar al cigüeñal la acción del pistón.	Torcimiento de la biela.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz y altos niveles de vibración.	3	8	3	72	Revisar la temperatura del motor.
Blok de motor	Acoge elementos como el cigüeñal, bielas y pistones.	Fractura de la estructura del blok.	Nivel alto de temperatura en el fondo del motor.	Inmovilización completa del vehículo.	3	7	3	63	Revisión contante la temperatura del motor.
Cabeza del motor	Impide la pérdida de compresión para permitir a los cilindros el trabajo de combustión.	Fisuras en la cabeza del motor.	Golpes directos al elemento durante el trabajo del vehículo.	Merma de la potencia motriz y atascamiento de elementos del motor por el ingreso de partículas.	3	7	3	63	Revisar la condición de la cabeza del motor.
Volante motor	Regula la velocidad del motor, evitando fluctuaciones y acumulador de energía.	Acabamiento del volante motor.	Nivel alto de fricción.	No puede realizarse el cambio de marcha.	3	6	4	72	Inspección y limpieza del volante motor.
Pistón	Transmitir energía producida por la combustión al cigüeñal.	Fracturas en la estructura del pistón.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Merma de la potencia motriz.	3	8	4	96	Revisión contante la temperatura del motor.
Cárter	Actúa como depósito de aceite.	Rotura del cárter.	Altos niveles de vibración del vehículo, golpes con otros elementos.	Bajos niveles de lubricación por la fuga de aceite.	4	7	4	112	Revisión periódica del cárter.
Subsistema de Admisión del Motor									

Filtros	Retiene partículas de polvo que intenten ingresar al interior del motor.	Filtro obstruido.	Agentes contaminantes como impurezas, polvo y otros.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	3	7	5	105	Revisión y limpieza del filtro.
Turbocompresor	Alta compresión del aire que circula hacia el cilindro del motor.	Desgaste y fractura de alas del turbo.	Deterioro de los bocines del turbo.	Merma de la potencia del motor en el vehículo.	2	8	3	48	Revisar periódicamente el turbocompresor.
Múltiple de admisión	Distribuir la mezcla del aire y combustible y suministrar de manera igual a los cilindros.	Desgaste y fractura del múltiple de admisión.	Movimiento fuertes y vibraciones del vehículo.	Deterioro a otros elementos y merma en la potencia del motor.	2	7	4	56	Chequeo y cuidado del sistema de admisión.
Conductos o Mangueras	Medio por el que circula el fluido refrigerante.	Fisura o cortes de los conductos.	Desgaste por tiempo de vida útil o rozamiento con otros elementos.	Deterioro a otros elementos que componen el sistema.	3	6	3	54	Revisión de la condición de las mangueras y conexiones.
Válvula de alivio	Envía el aire sobrante hacia el exterior y evita la sobrepresión en el sistema.	Desgaste y atrancamiento de la válvula.	Desgaste o final de la vida útil del resorte.	Sobrepresiones en el turbocompresor.	3	7	3	63	Inspección periódica del estado de la válvula.
Subsistema de Distribución del Motor									
Varillas de empuje	Permiten la transmisión de movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín.	Desgaste del cuerpo de la varilla.	Rayaduras en la superficie de las varillas.	Anula el paso de la grasa a él cojinete.	3	6	4	72	Chequeo de las varillas de empuje.
Árbol de levas	Destapa y tapa las válvulas de admisión y escape de la cabeza del motor.	Deterioro de la estructura de las levas.	Altos niveles de fricción por falta de lubricación.	Merma en la potencia del motor en el vehículo.	2	7	4	56	Revisión y mantenimiento de las levas.
Balancín	Accionar las válvulas de escape y admisión, y abrirlas en el momento correcto.	Torcimiento de la estructura del balancín.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Dificultad de accionamiento de las válvulas de escape y admisión.	3	7	3	63	Revisión periódica de la temperatura del motor.
Válvulas	Permite el control de la expulsión y admisión de los gases.	Deterioro de la válvula.	Niveles altos de temperatura en el fondo del motor.	Disfuncionalidad para la admisión y escape de los gases.	3	7	5	105	Revisión de los niveles de la temperatura del motor.

A continuación, desde la **figura 11** hasta la **figura 17** se presentan los elementos o componentes mecánicos valorados como críticos por medio de la matrices AMFE, se realizó el análisis por grupos de equipos siendo volquetas, retroexcavadoras, excavadora, minicargador, cargadora, tractor de orugas y vehículos livianos.

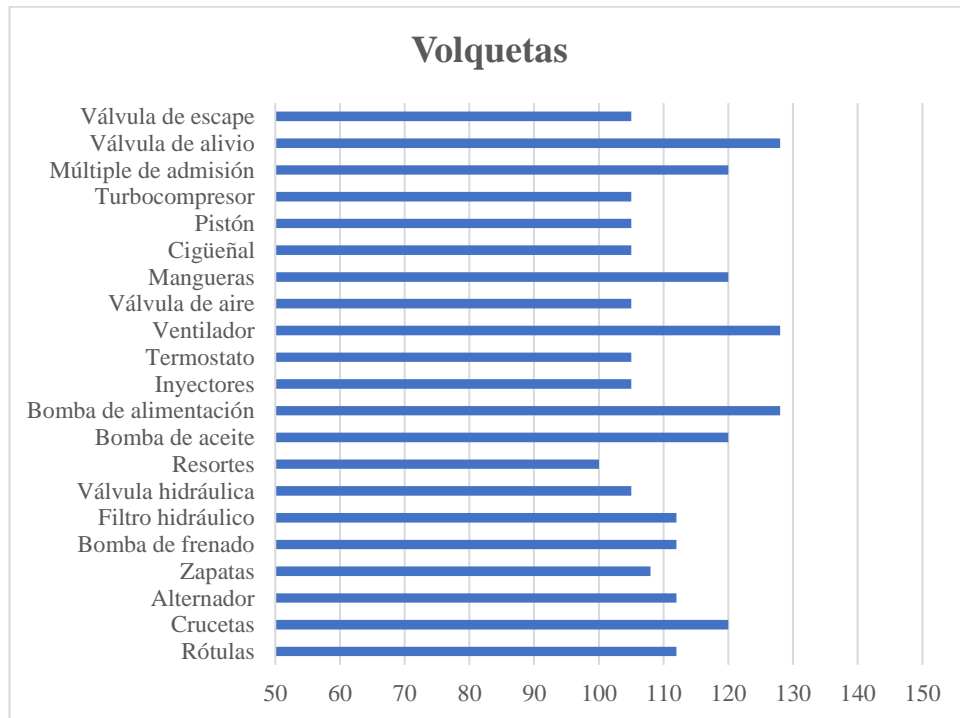


Figura 11. Componentes críticos Volquetas

En la **figura 11** se muestra los componentes críticos en común del grupo de volquetas del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentra la válvula de alivio, múltiple de admisión, mangueras, ventilador, bomba de alimentación, bomba de aceite, filtro hidráulico, bomba de frenado, alternador, crucetas y rótulas, para estos elementos críticos se necesitan de acciones preventivas inmediatas de mantenimiento.

En la **figura 12** se muestra los componentes críticos en común del grupo de retroexcavadoras del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentran la bomba de dirección, depósito de aceite hidráulico, fusibles, subsistema de arranque, freno de mano, resortes, cigüeñal, bomba de alimentación, bomba de alivio, filtro de aire, ventilador, bomba de aceite, filtro de aceite, estos componentes críticos necesitan de acciones preventivas inmediatas de mantenimiento.

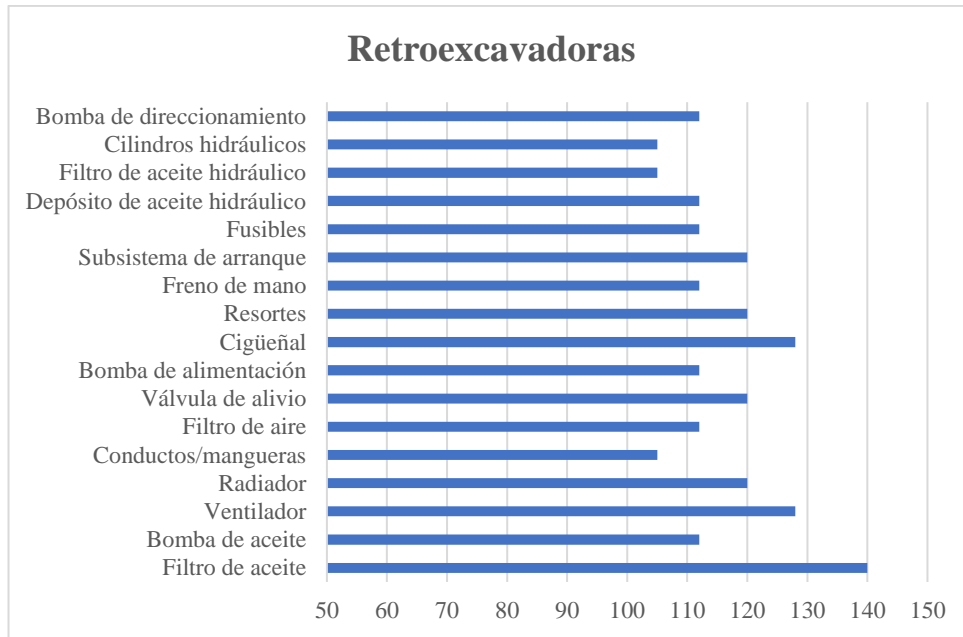


Figura 12. Componentes críticos Retroexcavadoras

En la **figura 13** se muestra los componentes críticos de la excavadora Hyundai del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentran el filtro de combustible, ventilador, cadenas, bujía, fusibles, alternador, mangueras, resortes de las válvulas, cilindros hidráulicos, válvula de aceite hidráulico, filtro de aceite hidráulico, depósito de aceite hidráulico, estos componentes críticos por tener altos valores de IPR requieren de acciones inmediatas de mantenimiento preventivo.

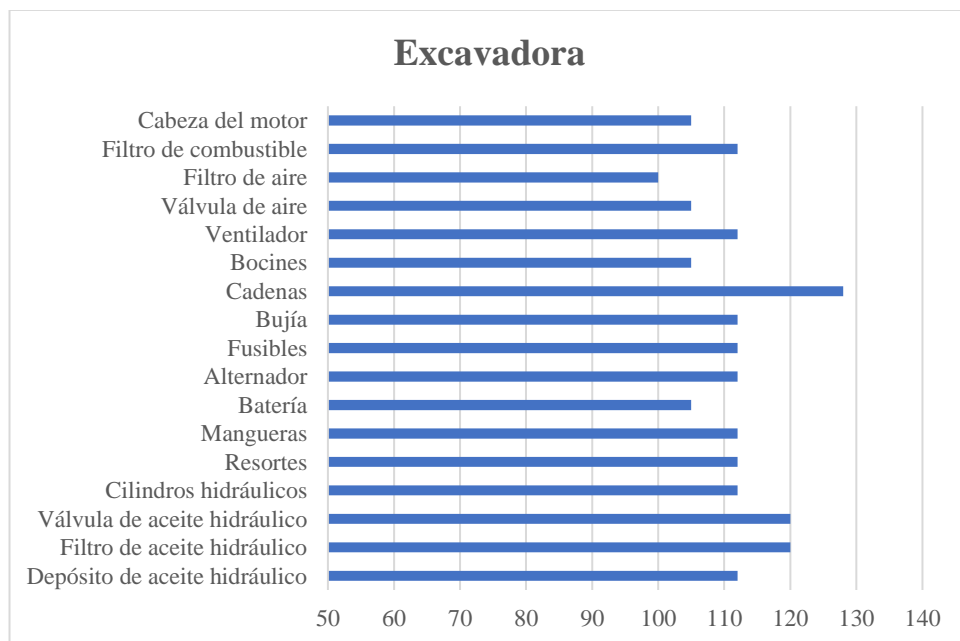


Figura 13. Componentes críticos Excavadora Hyundai

En la **figura 14** se muestra los componentes críticos de la Minicargadora Caterpillar del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentran la bomba de alimentación, radiador, ventilador, zapatas, fusibles, alternador, batería, cilindro de la pala, filtro del aceite hidráulico, conductos hidráulicos, bomba de dirección, freno de mano, mangueras, pedal del freno, estos componentes críticos por tener altos valores de IPR requieren de acciones inmediatas de mantenimiento preventivo.

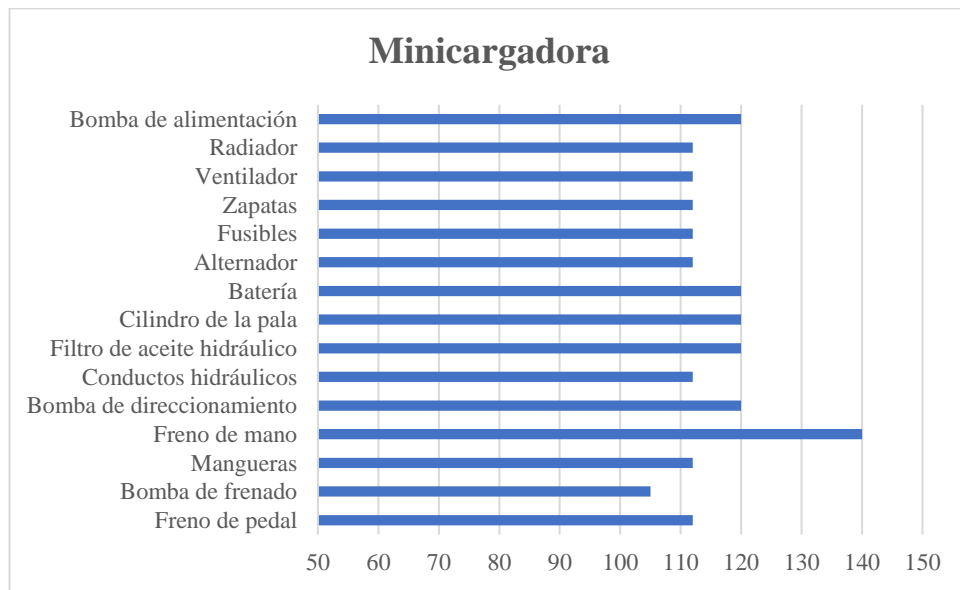


Figura 14. Componentes críticos Minicargadora Caterpillar

En la **figura 15** se muestra los componentes críticos de la cargadora Case del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentran el regulador de voltaje, bomba de freno, ventilador, batería, caja de velocidades, freno de mano, estos componentes críticos por tener altos valores del índice de prioridad de riesgo requieren de acciones inmediatas de mantenimiento preventivo.

En la **figura 16** se muestra los componentes críticos del tractor de orugas Caterpillar del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor de IPR se encuentran el filtro hidráulico, gatos hidráulicos, pistones, block de motor, bombas de agua, bomba de aceite, cilindros hidráulicos, estos componentes críticos por tener altos valores del índice de prioridad de riesgo requieren de acciones inmediatas de mantenimiento preventivo.

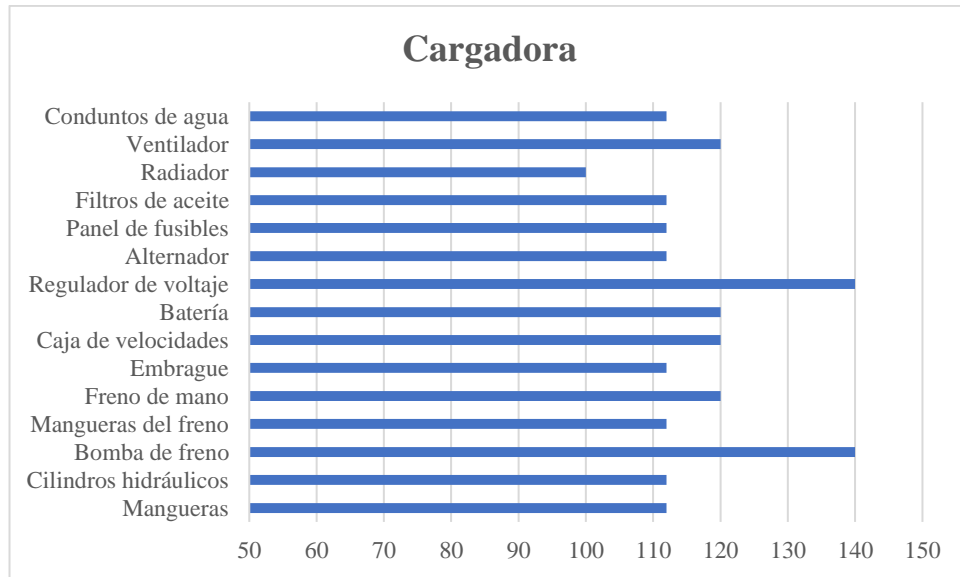


Figura 15. Componentes críticos Cargadora Case

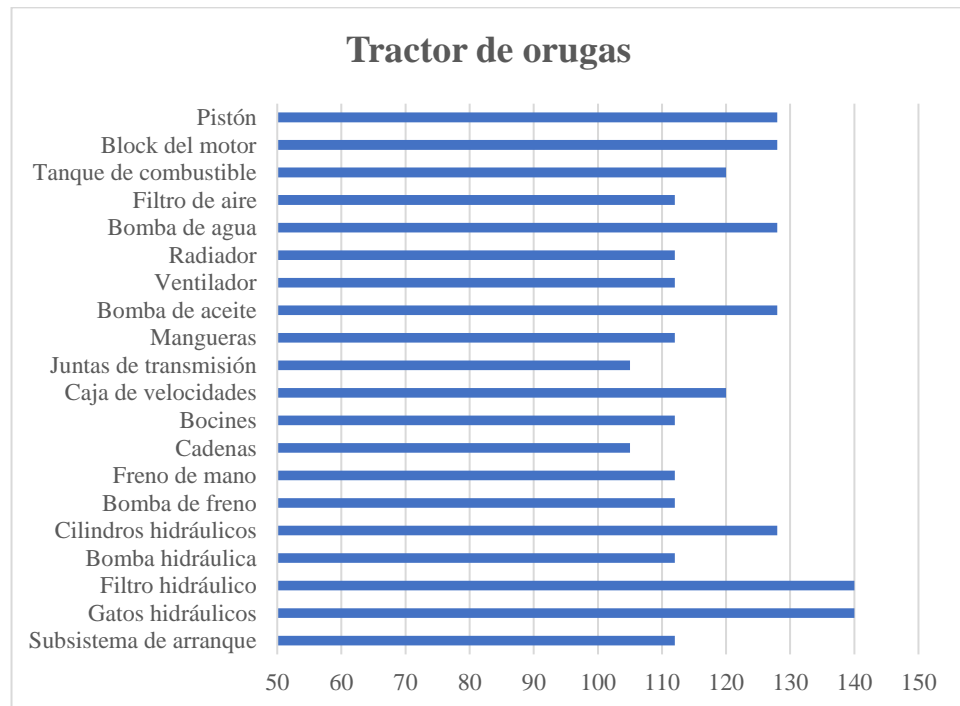


Figura 16. Componentes críticos Tractor de orugas Caterpillar

En la **figura 17** se muestra los componentes críticos en común de los vehículos livianos del patio automotor del GADM Patate, entre los componentes con un alto valor del índice de prioridad de riesgo se encuentran la bomba de alimentación, fusibles, freno de mano, amortiguadores, zapatas, batería, estos componentes críticos por tener altos valores del índice de prioridad de riesgo requieren de acciones inmediatas de mantenimiento preventivo.

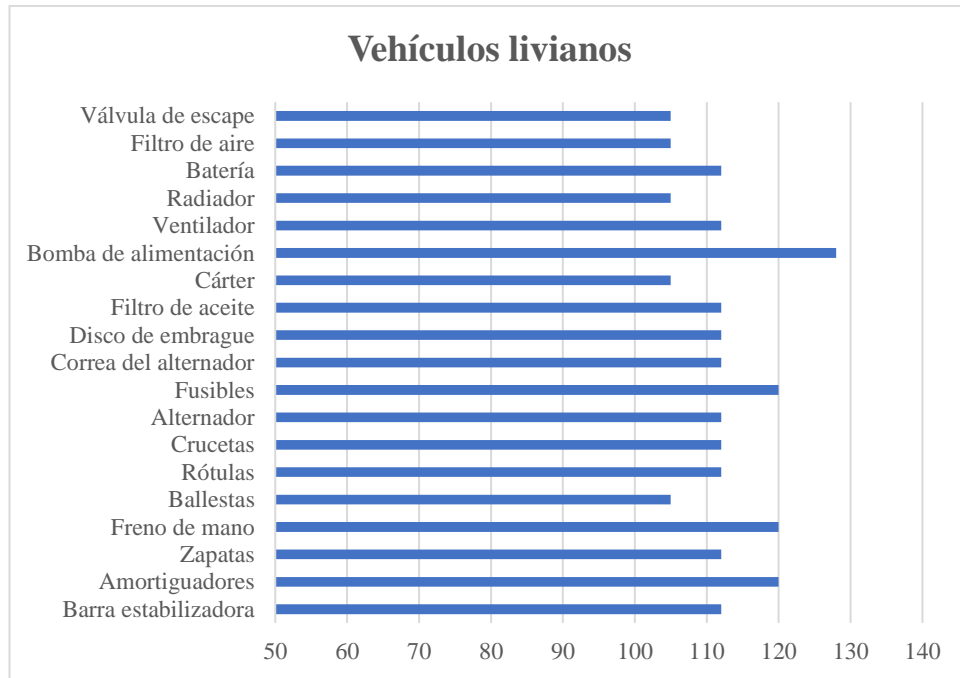


Figura 17. Componentes críticos vehículos livianos

Diseño del plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate

Un plan de mantenimiento preventivo en esencia abarca todas las actividades o tareas de mantenimiento preventivas que se deben desarrollar a una determinada máquina o equipo, teniendo una duración y frecuencia para efectuar dichas actividades con el fin de influir directamente en la disponibilidad del equipo, costos por mantenimiento o a su vez contribuir en el prolongamiento de la vida útil de la misma.

Es así que mediante el software Excel se ha diseñado una bitácora de mantenimiento donde se detalla la maquinaria pesada y vehículos livianos, los sistemas de cada maquinaria y vehículos, los componentes principales de cada sistema y las actividades de mantenimiento preventivo que se deben llevar a cabo, también se ha determinado una frecuencia para cada una de las actividades de mantenimiento preventivo, esta información se logró recabar tanto de las recomendaciones del manual del fabricante como también de la experiencia y conocimientos del jefe del taller mecánico del GADM Patate.

La bitácora está compuesta con las actividades de mantenimiento preventivo en un año operativo para cada máquina pesada y vehículo liviano del patio automotor del

municipio de Patate, mencionar que para la elaboración de la bitácora de mantenimiento preventivo se han tomado en cuenta criterios como la respuesta a preguntas como: ¿Cuál es la falla?, ¿Cuál es la falla funcional?, ¿Cuál es el modo de fallo?, ¿Cuál es el efecto de la falla?, ¿Qué se debe hacer para prevenir la falla?, establecidos dentro de la norma SAE JA1011[43]. Todo esto con relación con lo ya anteriormente desarrollado que es la norma NTP 679. En el **Anexo E** se presenta la bitácora de mantenimiento preventivo para cada una de las volquetas, retroexcavadoras, excavadora, minicargadora, cargadora, tractor de orugas, camionetas y jeeps.

Implementación de la bitácora de mantenimiento preventivo en el software Maintenance Pro

Maintenance Pro es un software de mantenimiento que permite a organizaciones gestionar el mantenimiento ya sea de instalaciones, maquinaria pesada, vehículos, equipos industriales, aviones, entre otras aplicaciones en que se puede llevar a cabo el mantenimiento. Este software ha sido seleccionado para la implementación de la bitácora de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate, debido a su gran versatilidad, facilidad para la configuración y la posibilidad de adaptarse a cualquier tipo de equipo que requiera mantenimiento preventivo.



Figura 18. Software de mantenimiento

Algunas características principales de Maintenance Pro:

- Llevar un seguimiento ilimitado de equipos de diversos ámbitos como instalaciones, maquinaria o equipos marinos, aviación, maquinaria industrial y entre otras. Gracias a su alto nivel de facilidad para la configuración hace que el software se adapte a distintos activos que requieran mantenimiento preventivo.
- Permite la programación de actividades de mantenimiento preventivo de acuerdo a fechas, por horas, kilometraje, kilómetros o dependiendo de las necesidades de

la organización.





- Ayuda a llevar el seguimiento del inventario de piezas o componentes de los equipos para cuando se lleve a cabo el mantenimiento.
- Permite generar ordenes de mantenimiento de acuerdo a las actividades planificadas y programadas de mantenimiento preventivo con el fin de supervisar el estado de cumplimiento de las mismas.
- Es un software de pago, cuenta con una compra única de licencia misma que cuesta un valor total de \$1,995 USD. Este software permite a las organizaciones gestionar y llevar a cabo el mantenimiento de manera interna.






El presente software ayudará a la gestión del mantenimiento tanto al personal de mantenimiento como al personal administrativo a cargo del departamento de obras públicas del GADM Patate. A continuación, se detalla el manual de funcionamiento como una guía para utilización del software de mantenimiento donde se describe las interfaces que se presentan, la configuración de pestañas, seguimiento de la programación del mantenimiento y la creación de órdenes de trabajo por cada maquinaria y vehículos livianos.

Manual de funcionamiento del software Maintenance Pro

En programa contiene funciones y herramientas que permiten realizar la gestión del mantenimiento. A continuación, se detallan las funciones y herramientas de Maintenance Pro.

Tabla 25. Funciones y herramientas principales de Maintenance Pro

Funciones y herramientas del software Maintenance Pro	
 Add...	Add (agregar), permite agregar nuevos equipos dentro del programa.
 Edit...	Edit (editar), permite editar la información cargada de cada equipo agregado al programa.
 Delete	Delete (Eliminar/borrar), permite eliminar de manera permanente la información seleccionada.
 Work Orders	Work Orders (Orden de trabajo), muestra la pantalla de gestión de órdenes de trabajo.

Funciones y herramientas del software Maintenance Pro	
 PM Schedule	PM Schedule (Calendario de Mantenimiento Preventivo), muestra la pestaña para la configuración y programación del mantenimiento preventivo de cada equipo.
 Repairs	Repairs (Reparaciones), muestra la pestaña para administrar las reparaciones programadas en los equipos.
 Employees	Employees (Empleados), muestra la pantalla para la gestión de empleados.
 Vendors	Vendors (Proveedores), ingresa a la pantalla donde se administra la base de datos de los proveedores.
 Parts	Parts (Partes), muestra la pestaña donde se administra los repuestos o partes de los equipos cuando requieren mantenimiento.
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> File Setup Equipment Inventory Tools Window Security Help </div>	
File (archivo)	Esta función contiene herramientas como editar, agregar, eliminar equipos, agregar categorías, editar categorías, eliminar categorías, también permite crear copias de seguridad, restaurar bases de datos y acceso a opciones del sistema.
Setup (configuración)	Esta función permite editar información de la configuración y programación del mantenimiento, empleados, categorías, proveedores, datos de piezas o componentes, también ofrece un menú desplegable y acceso a opciones del sistema.
Equipment (Equipo)	Contiene funciones específicas de los equipos, generar una orden de trabajo, o ingresar a la pestaña de administración de reparaciones.
Inventory (Inventario)	Presenta funciones como visualizar el inventario de piezas componentes, generar órdenes de compra, inventario de combustible si es el caso.
Tools (Herramientas)	Contiene funciones como generar una copia de seguridad de los datos, restauración de bases de datos y opciones de programa.
Window (Pantallas)	Tiene funciones que permiten visualizar las pantallas que se generan de diferente forma ya sea en cascada y o mosaicos.
Security (Seguridad)	Contiene funciones que permiten establecer restricciones a usuarios dentro del sistema.
Help (Ayuda)	Proporciona ayuda y soporte técnico en line sobre problemas comunes dentro del sistema.

1. Ingreso al programa de mantenimiento

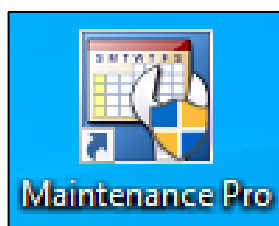


Figura 19. Ingreso al software

- Ingresar haciendo doble click sobre el icono del programa.

2. Dentro del programa de mantenimiento

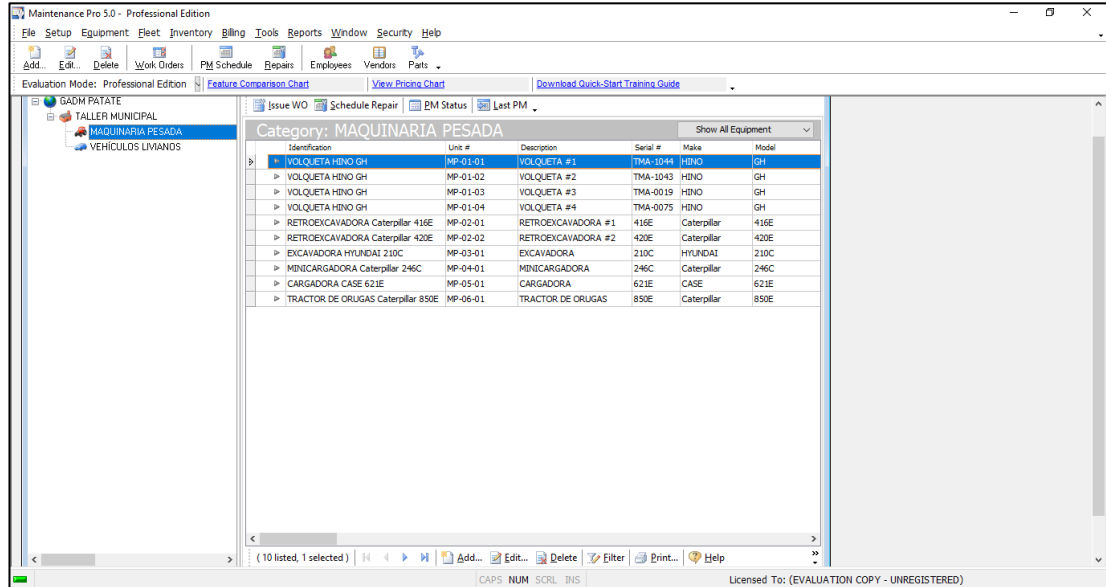






Figura 20. Pantalla principal del software

- Una vez dentro del programa se visualiza las funciones, herramientas y la pantalla de administración de equipos que aparecerá de forma automática al iniciar el sistema.
- El administrador de equipos es el centro de control principal ya que permitirá visualizar el mantenimiento de cada equipo por fechas, generar ordenes de trabajo, presentar el historial de mantenimiento y el último mantenimiento preventivo realizado.
- Barra de herramientas del administrador de equipos

Tabla 26. Herramientas del administrador de equipos en Maintenance Pro

 Issue WO  PM Status  History  Last PM	
Issue WO (Emitir orden de trabajo)	Permite emitir una orden de trabajo para el equipo seleccionado, se podrá llenar la información necesaria para completar la orden de trabajo.
PM Status (Estado del PM)	Dentro de esta función se muestra una pestaña con el estado de mantenimiento preventivo, también se muestra el intervalo de las actividades de mantenimiento preventivo del equipo seleccionado.

History (Historial)	Al hacer clic se mostrará una pestaña con el historial de mantenimientos preventivos del equipo seleccionado.
Last PM (Último PM)	Permite configurar manualmente la fecha en que se ha realizado la última tarea de mantenimiento preventivo del equipo seleccionado.

3. Guía para generar una orden de trabajo o mantenimiento

Una vez ingresado al sistema para emitir una orden de trabajo o mantenimiento se deberá seguir los siguientes pasos:

A. Seleccionar el equipo

Identification	Unit #	Description	Serial #	Make	Model	Meter 1	Meter 2	Type	Status	Schedule
VOLQUETA HINO GH	MP-01-01	VOLQUETA #1	TMA-1044	HINO	GH	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-VOLQU
VOLQUETA HINO GH	MP-01-02	VOLQUETA #2	TMA-1043	HINO	GH	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-VOLQU
VOLQUETA HINO GH	MP-01-03	VOLQUETA #3	TMA-0019	HINO	GH	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-VOLQU
VOLQUETA HINO GH	MP-01-04	VOLQUETA #4	TMA-0075	HINO	GH	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-VOLQU
RETROEXCAVADORA Caterpillar 416E	MP-02-01	RETROEXCAVADORA #1	416E	Caterpillar	416E	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-RETRO
RETROEXCAVADORA Caterpillar 420E	MP-02-02	RETROEXCAVADORA #2	420E	Caterpillar	420E	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-RETRO
EXCAVADORA HYUNDAI 210C	MP-03-01	EXCAVADORA	210C	HYUNDAI	210C	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-EXCAV
MINICARGADORA Caterpillar 246C	MP-04-01	MINICARGADORA	246C	Caterpillar	246C	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-MINICA
CARGADORA CASE 621E	MP-05-01	CARGADORA	621E	CASE	621E	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-CARGA
TRACTOR DE ORUGAS Caterpillar 850E	MP-06-01	TRACTOR DE ORUGAS	850E	Caterpillar	850E	0	N/A	Truck	Active	PLAN M/ITO-TRACT
CAMIONETA Toyota STOUT	VL-01-01	CAMIONETA	TMA-0059	Toyota	STOUT	0	N/A	Vehicle	Active	PLAN M/ITO-CAMIO
CAMIONETA Toyota HILUX	VL-01-02	CAMIONETA	TMA-0057	Toyota	HILUX	0	N/A	Vehicle	Active	PLAN M/ITO-CAMIO
JEEP SUZUKI GRAN VITARA SZ	VL-02-01	JEEP	TMC-0053	SUZUKI	GRAN VITARA SZ	0	N/A	Vehicle	Active	PLAN M/ITO-CAMIO
JEEP SUZUKI GRAN VITARA SZ	VL-02-02	JEEP	TMA-1101	SUZUKI	GRAN VITARA SZ	0	N/A	Vehicle	Active	PLAN M/ITO-CAMIO

Figura 21. Selección de equipo para generar orden de trabajo

B. Ir a la pestaña de PM Status (Estado del Plan de Mantenimiento)

PM Service Name	Type	Work Order #	Date	Hours	Date	Hours	Tracking Interval(s)
Revisión y mantenimiento del volante	Normal		20/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Inspección del nivel de líquido de freno	Inspection		23/1/2023	0	3 month(s)	-	-
Revisión y cambio de filtros hidráulicos	Replace		23/1/2023	0	3 month(s)	-	-
Revisión de la batería	Normal		23/1/2023	0	1 month(s)	-	-
Revisión y chequeo de la barra estabilizadora	Normal		24/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Revisión y mantenimiento del alternador	Inspection		24/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Revisión del tanque de aceite hidráulico	Inspection		25/1/2023	0	2 month(s)	-	-
Revisión y mantenimiento de la caja de cambios	Normal		26/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Revisión de conductos y mangueras del sistema hidráulico	Normal		26/1/2023	0	2 month(s)	-	-
Limpieza y lubricación del cardán y cruces	Lubrication		26/1/2023	0	2 month(s)	-	-
Revisión de conexiones eléctricas	Normal		27/1/2023	0	2 month(s)	-	-
Limpieza y lubricación de los cilindros actuadores	Lubrication		27/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Revisión y chequeo del cárter	Normal		30/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Chequeo de mangueras y conductos del sistema de refrigeración	Normal		30/1/2023	0	2 month(s)	-	-
Revisión y mantenimiento de la bomba hidráulica	Normal		30/1/2023	0	6 month(s)	-	-
Limpieza y lubricación de los amortiguadores	Lubrication		30/1/2023	0	5 month(s)	-	-

Figura 22. Pestaña de estado del plan de mantenimiento (PM Status)

- C. Visualizar las actividades de mantenimiento que se requieran realizar en la fecha establecida.

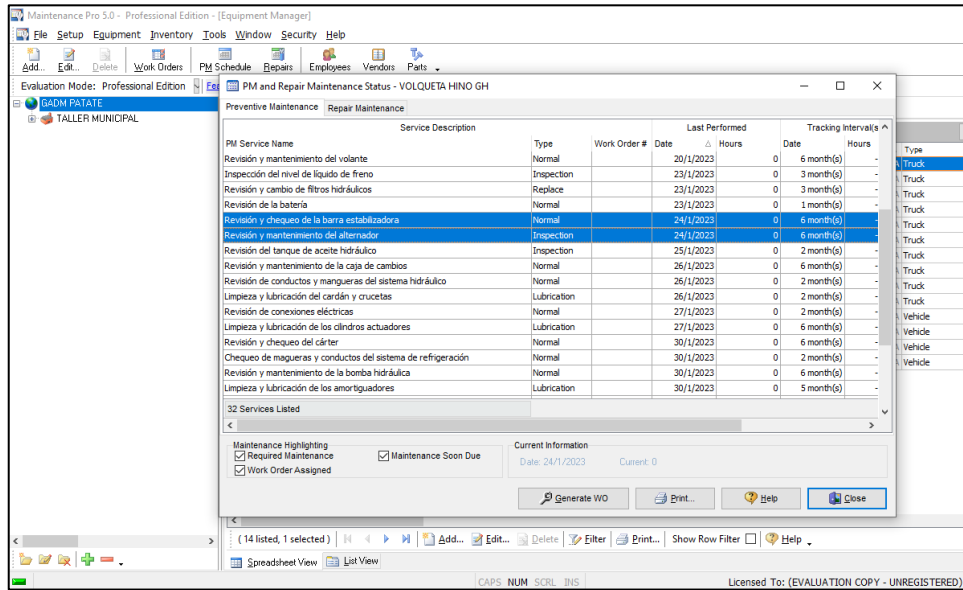


Figura 23. Verificación de actividades para generar orden de trabajo

- D. Una vez revisado las actividades de mantenimiento preventivo en la fecha establecida, nos dirigimos a Issue WO (Emitir Orden de trabajo) e ingresamos a la pestaña.

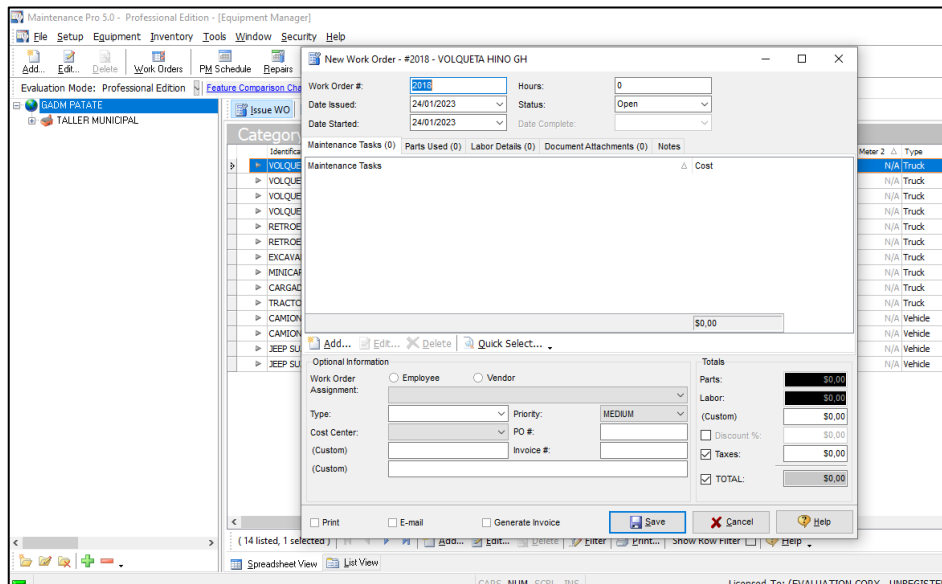


Figura 24. Pestaña de emisión de orden de trabajo

Podemos observar que para emitir una orden de trabajo cierta información ya viene autocompletada por el sistema como es la fecha de emisión, el número de orden, la condición de la orden, pero cabe mencionar que esta información se la puede

modificar manualmente y tampoco es necesario llenar todos los campos que están preestablecidos.

- E. Una vez dentro de la pestaña de Issue WO, dar clic en la función Add (Agregar) para agregar las actividades de mantenimiento visualizadas anteriormente en la pestaña de PM Status para la fecha requerida.

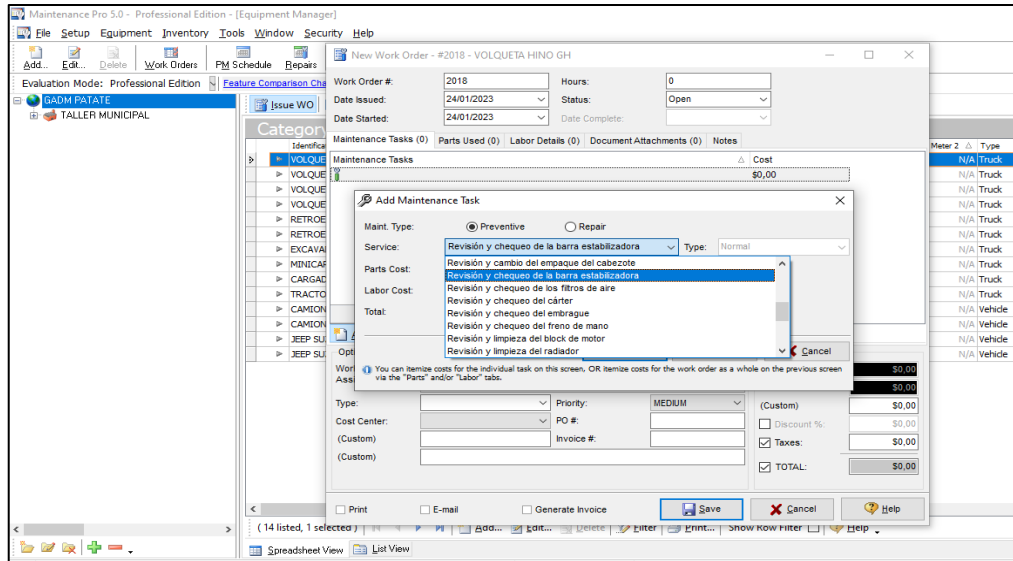


Figura 25. Selección de las actividades de mantenimiento

Aparecerá otra ventana donde se seleccionará las actividades de mantenimiento preventivo requeridas. También se podrá llenar datos como el costo del repuesto si es el caso o el costo de mano de obra por realizar dicha actividad, esta información es de carácter no obligatorio.

- F. Después de haber seleccionado la actividad de mantenimiento, dar clic en el botón save (guardar). La actividad de mantenimiento aparecerá ya dentro de la pestaña de emisión de órdenes de trabajo (Issue WO).

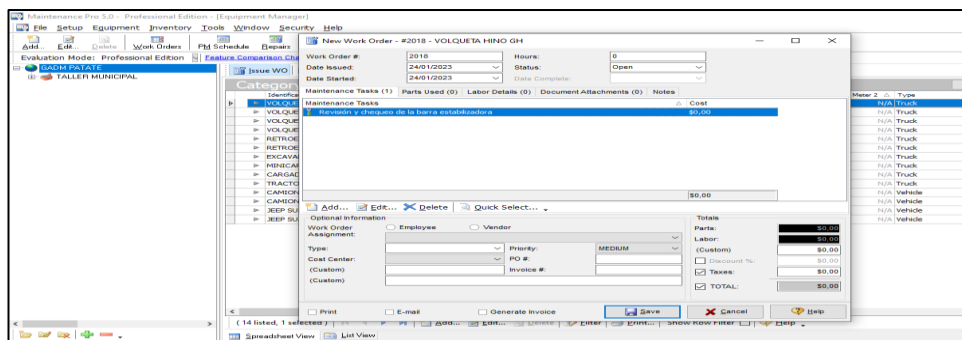


Figura 26. Generar orden de trabajo

Dentro de Optional information (información opcional), se podrá seleccionar si la actividad de mantenimiento se realizara por el personal interno (employee) o técnicos externos (vendedor) a la organización.

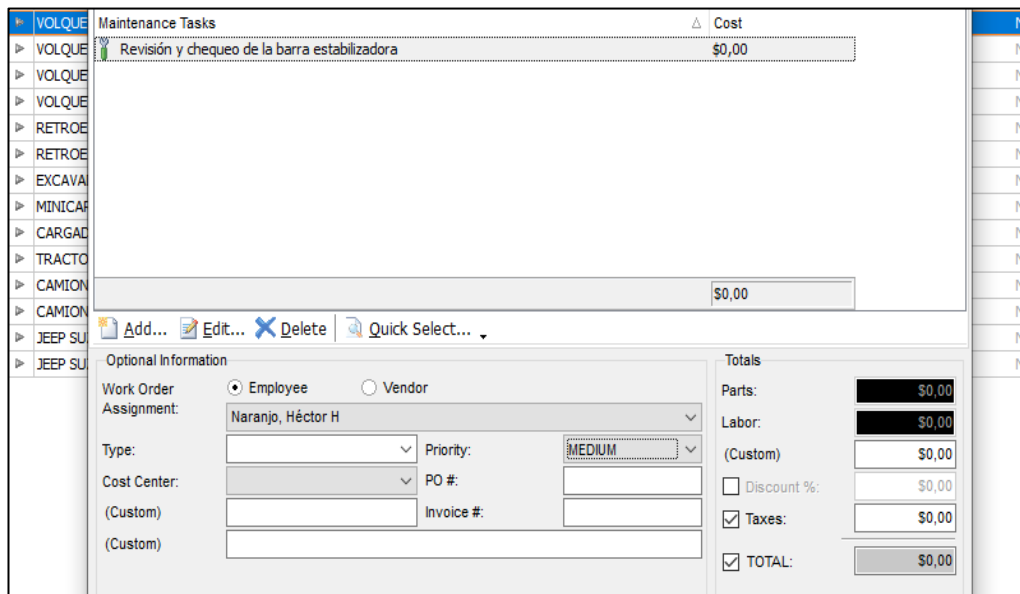


Figura 27. Datos de opcionales para generar orden de trabajo

- G. Para agregar otra actividad de mantenimiento en la misma orden de trabajo, revisar desde el punto E de esta guía.

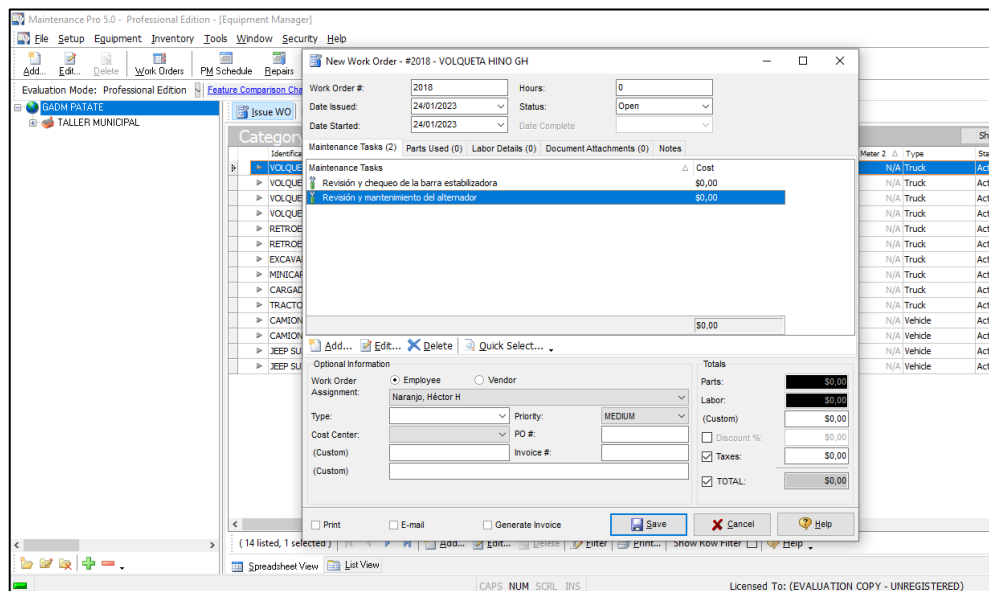


Figura 28. Agregar actividades de mantenimiento

- H. Para guardar y generar la orden de trabajo dar clic en save (guardar), si desea cancelar la orden de trabajo dar clic en cancel (cancelar) y se necesita ayuda o soporte técnico del mismo sistema dar clic en help (ayuda).

Podremos observar que el número de orden se ha generado correctamente dentro de la pestaña de PM Status.

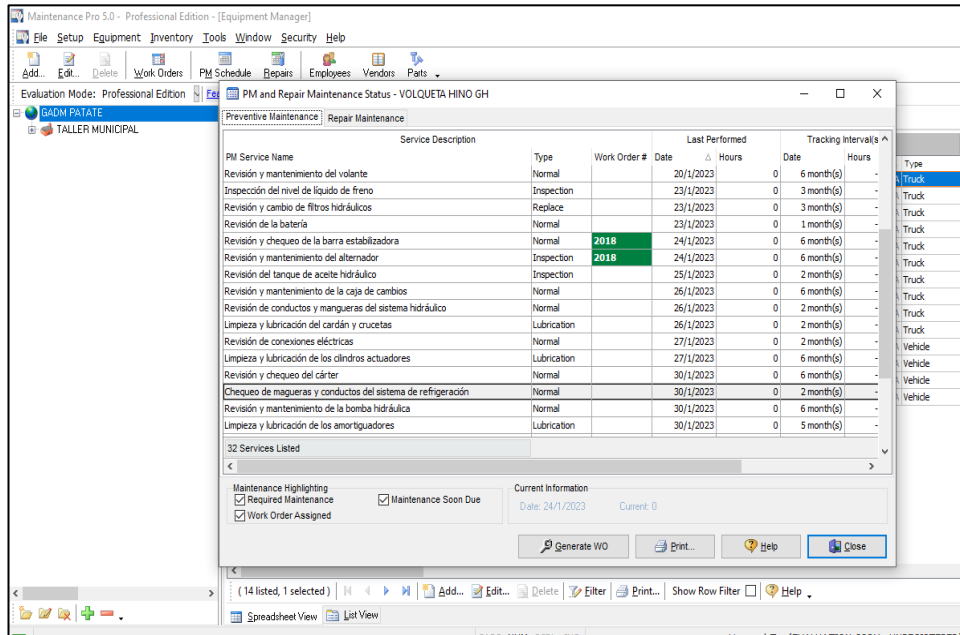


Figura 29. Verificación del número de orden de trabajo

- I. Luego dar clic en Work Order (Administrador de órdenes de trabajo), visualizaremos de que la orden se ha generado y podremos agregar, editar, eliminar o en su efecto imprimir la orden de trabajo.

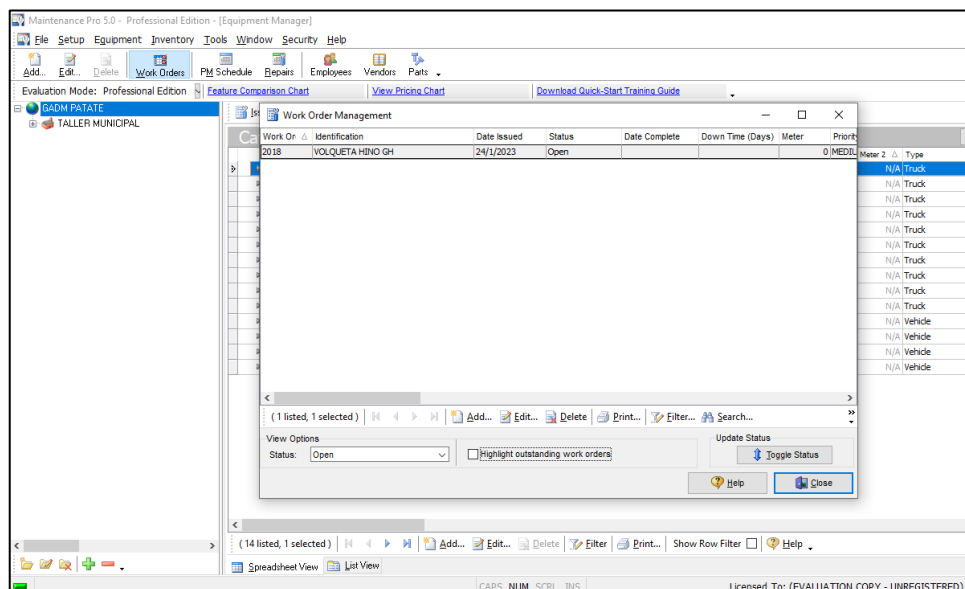


Figura 30. Administrador de órdenes de trabajo

- J. Una vez revisado que todos los datos están de forma correcta, se procede a dar clic en Print (imprimir) para imprimir, seleccionar (selected work order)

en donde aparecerá la siguiente pestaña.

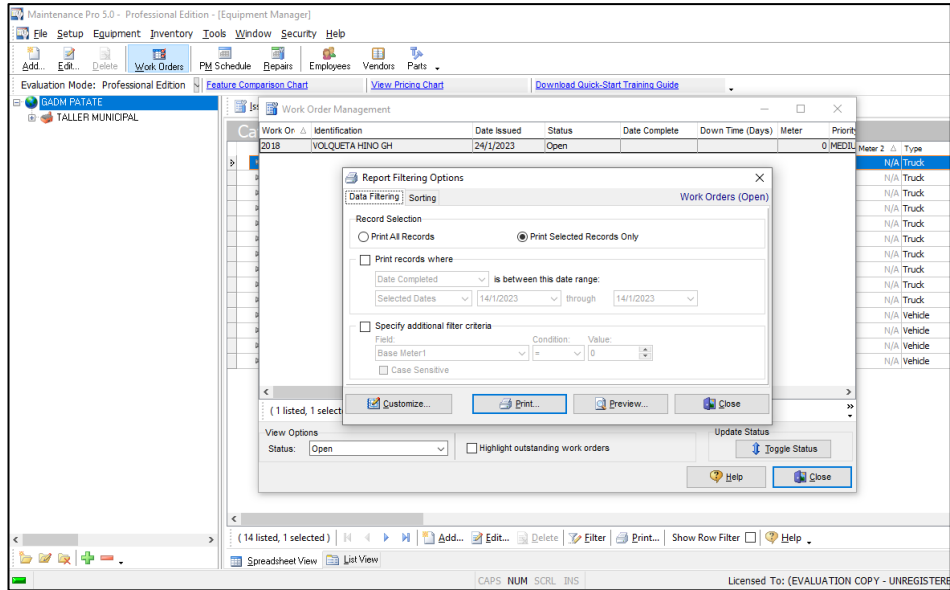


Figura 31. Pestaña para impresión de orden de trabajo

- K. Existe la posibilidad de previsualizar la orden de trabajo generada para una vez más corroborar que los datos estén correctos. Para este caso dar clic en Preview (previsualizar).

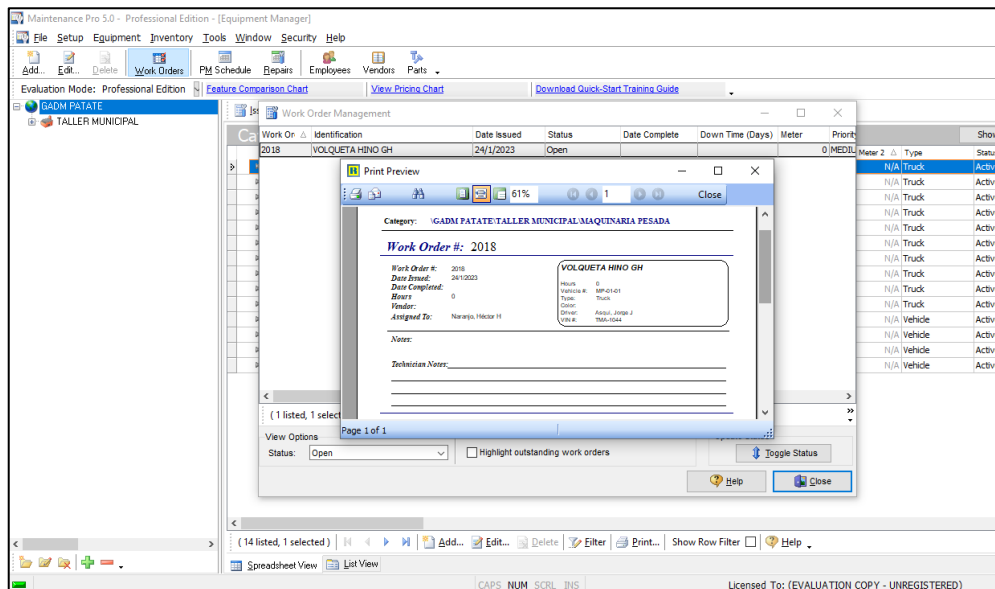


Figura 32. Pestaña de previsualización de la OT

Para cerrar la pestaña de previsualización dar clic en close (cerrar).

- L. Una vez realizada la previsualización se procede a imprimir la orden de trabajo, se presentará otra pestaña donde seleccionaremos la impresora a la

que se encuentre conectado el computador o bien generar un archivo en digital en formato pdf. Dar clic en ok para empezar la acción de impresión.

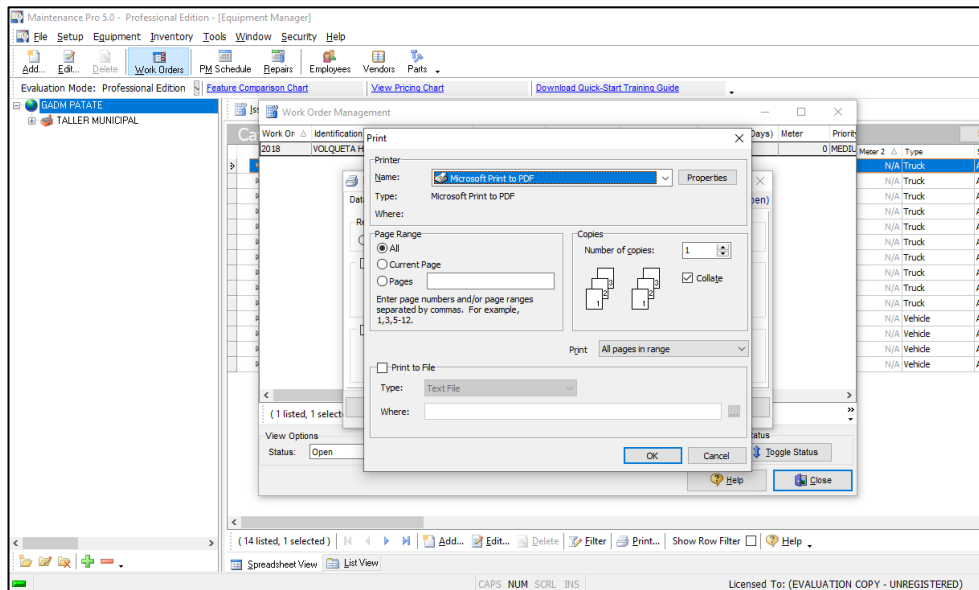


Figura 33. Pestaña para selección de impresora o archivo digital

- M. Una vez terminada la acción de impresión dar clic en close (cerrar) para cerrar todas las pestañas hasta regresar a la pantalla del administrador de equipos.

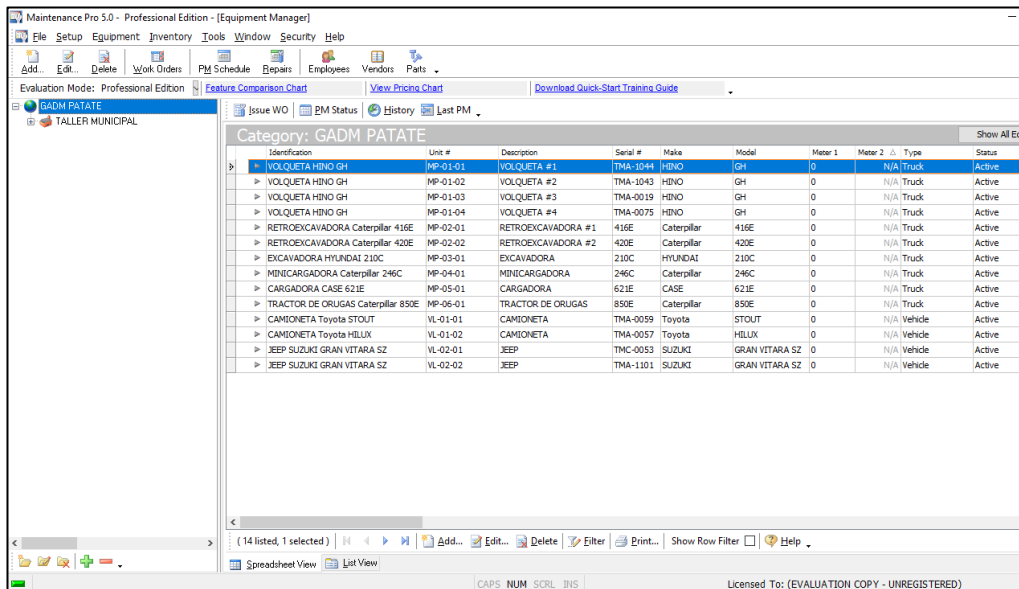


Figura 34. Ventana del administrador de equipos

Para generar nuevas órdenes de trabajo de un equipo diferente, revisar la guía para generar una orden de trabajo desde el punto A.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La falta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate ha provocado que el personal técnico encargado del taller mecánico en la mayoría de los casos recurra a efectuar actividades de mantenimiento correctivo, lo que conlleva a largos periodos de paro y por ende a obras de trabajo inconclusas.
- Después de llevar a cabo el procesamiento de la información y completar el análisis del historial de fallos de los equipos tanto de maquinaria pesada como de vehículos livianos se determina que la disponibilidad promedio de la maquinaria pesada es del 89,85%, teniendo el porcentaje más bajo en el tractor de orugas Caterpillar con un 87,07% y el valor más alto de disponibilidad en la volqueta Hino #4 con un 92,13%, lo que indica que se debería llevar a cabo actividades de mantenimiento de carácter preventivo con el fin de aumentar la disponibilidad de los equipo y por ende alargar la vida útil de los mismos.
- La disponibilidad promedio de los vehículos livianos es del 93,67% esto debido a que la mayoría de los vehículos tienen un tiempo de servicio corto y también la mayor parte de ellos son utilizados solo para movilización del personal operativo, administrativo y para el envío de documentación ya sea dentro o fuera del cantón.
- La aplicación de la matriz AMFE mediante la metodología que detalla la NTP 679 permitió identificar que los componentes más proclives a sufrir fallos o daños regularmente dentro de la maquinaria pesada son el alternador, batería, bomba de aceite, bomba de alimentación de combustible, cilindros hidráulicos, mangueras, filtros de aceite hidráulico, filtro de aire, fusibles, radiador, ventilador. Para los vehículos livianos los componentes más proclives a sufrir fallos, daños o a ser sustituidos comúnmente son las zapatas, radiador, fusibles, disco de embrague, freno de mano, batería, filtros de aceite.

- Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos. La bitácora de mantenimiento cuenta con actividades de mantenimiento programadas de forma mensual para un año de operación de la maquinaria pesada y vehículos livianos, se ha tomado información de los manuales del fabricante existentes, como también de las recomendaciones del personal técnico encargado del taller mecánico para establecer la frecuencia en que se llevarán a cabo las actividades de mantenimiento preventivo programadas.
- La implementación de la bitácora de mantenimiento preventivo en el software Maintenance Pro permitirá conllevar de una forma más organizada y sistematizada la gestión del mantenimiento preventivo, pues se podrá realizar el seguimiento del plan y crear ordenes de trabajo con tareas de mantenimiento predeterminadas en la bitácora de mantenimiento para cada maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Patate.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos con el fin de ejecutar tareas de mantenimiento preestablecidas y no esperar a que el fallo ocurra y llevar a cabo actividades de mantenimiento de carácter correctivo y también influir en la disponibilidad de las máquinas.
- Se recomienda equipar el taller mecánico del GADM Patate con todas las herramientas posibles para efectuar las actividades de mantenimiento de una forma eficaz, ya que permitirá optimizar costos y tiempos en que la maquinaria está parada dentro del taller mecánico.
- Se recomienda al técnico responsable del taller mecánico o a la persona encargada de realizar el mantenimiento, que cuando se vaya a llevar a cabo cierta actividad de mantenimiento sobre cualquier componente se realice además una verificación o revisión de forma visual sobre el buen funcionamiento del sistema completo tanto para la maquinaria pesada como para vehículos livianos.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- [1] C. Pastor, «El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad», 2019. [En línea]. Available: <http://www.iadb.org>
- [2] E. Gutiérrez, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada de una municipalidad», Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2021.
- [3] J. Chicaiza y R. Yaguana, «Propuesta de un plan de Mantenimiento para el equipo caminero del Consejo Provincial de Imbabura», Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018.
- [4] O. Jonathan, «Diseño del plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada del gobierno autónomo descentralizado del cantón Baños de Agua Santa», UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA, Ambato, 2018.
- [5] C. Oscar y E. Edgar, «Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro Hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA», *SciELO*, vol. 18, pp. 1-14, 2018, Accedido: may 18, 2022. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v18n1/v18n1_a11.pdf
- [6] J. González, J. Quijada, y M. López, «Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE», *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 3, pp. 209-225, 2018, Accedido: may 18, 2022. [En línea]. Available: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>
- [7] M. García, «Una polémica trascendental sobre el mantenimiento Preventivo y Predictivo», *Revista Ecorfan*, vol. 3, n.º 8, pp. 1-11, 2017, Accedido: may 18, 2022. [En línea]. Available: www.ecorfan.org/republicofnicaragua/journal
- [8] K. Kyi Swe, Z. C. Thaug, y K. M. Moe, «Maintenance Management Plan of Heavy Machinery», *IRE Journals*, vol. 3, n.º 2, pp. 1-9, 2019, Accedido: may 18, 2022. [En línea]. Available: <https://irejournals.com/formatedpaper/1701448.pdf>
- [9] A. Ullah, S. Islam, K. Sikandar, y R. Safi, «Maintenance system for heavy earth moving equipment», *Article in Journal of Engineering and Applied Sciences*, Peshawar, 2015. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/297136914>
- [10] L. Tarillo, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A», Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande, Perú, 2020.
- [11] R. E. Moscoso Jácome, «Proactive maintenance in hydrocarbon transport mechanical equipment in Ecuador», *Revista científica Ciencia y Tecnología*,

- vol. 17, pp. 76-85, 2017, [En línea]. Available: <http://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec>
- [12] E. Guerra López y A. Montes de Oca Risco, «Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería», *Boletín de Ciencias de la Tierra*, n.º 45, pp. 14-21, ene. 2019, doi: 10.15446/rbct.n45.68711.
- [13] C. Flores, Y. Pinedo, y C. Luna, «Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013», *Ingeniería Industrial*, n.º 34, pp. 3-18, 2017.
- [14] I. Silva Urbina, M. Rodríguez Pineda, R. Acosta Rozo, y P. Gómez Monsalve, «Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMFE», *Fundación de Estudios Superiores Comfanorte*, vol. 04, 2019.
- [15] A. Rogej Marrero, A. J. Alberto Vilalta, y E. Martínez Delgado, «Modelo de diagnóstico, planificación y control del mantenimiento», *Ingeniería Industrial*, vol. 02, pp. 148-160, 2019, [En línea]. Available: <http://www.rii.cujae.edu.cu>
- [16] P. Hernández y D. Vázquez, «Gestión del mantenimiento para máquinas agrícolas», *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 10, pp. 36-44, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.28326.32325.
- [17] J. Diestra Quevedo, L. Paredes, y R. Chinchayan, «Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad», *Revistas Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 4, n.º 1, pp. 2313-1926, 2017.
- [18] M. Cervantes, R. Casanova, y J. Zavala, «Aplicabilidad de la criticidad en el mantenimiento de equipos», *Project, Design and Management*, vol. 1, n.º 1, pp. 33-48, 2019, doi: 10.35992/mlspdm.v1i1.168.
- [19] M. G. Mago Ramos y S. Rocha Pachón, «Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados», *Ciencia y Poder Aéreo*, vol. 16, n.º 2, pp. 98-111, nov. 2021, doi: 10.18667/cienciaypoderaereo.703.
- [20] García Oliveiro, *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*, Ediciones de la U. Bogotá, 2012.
- [21] W. Olarte, M. Botero, y B. Cañon, «Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción», *Scientia et Technica*, vol. 44, 2010, Accedido: may 23, 2022. [En línea]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/h>
- [22] N. Luis, P. Ana, A. Clara, y Jaime Mugaburu, *Gestión Integral del Mantenimiento*, Marcombo. Barcelona, 2009.

- [23] J. Molina, «Mantenimiento y Seguridad Industrial», *UNIDAD DE GESTION DE RIESGOS UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS*, vol. 214, 2006.
- [24] Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI, «Módulo Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo», 2007.
- [25] SafetyCulture, «Mantenimiento correctivo», 2022. Accedido: oct. 24, 2022. [En línea]. Available: <https://safetyculture.com/es/temas/mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>
- [26] R. Olives, «Mantenimiento preventivo CAT», Barcelona, 2017. [En línea]. Available: www.gencat.cat/alafeinacaprisc
- [27] F. Ballesteros Robles, «La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial», 2017.
- [28] J. Medrano y V. Gonzáles, *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales*, Editorial Patria. México D.F., 2017.
- [29] J. Rodríguez, *Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora*, Ceim. 2003.
- [30] E. Fernández Álvarez, «Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM», 2018.
- [31] P. A. Herrera Brito, «Overhaul y trabajos de mantenimiento MMPP CAT 3618», Universidad de la Laguna, Tenerife, 2020.
- [32] F. Gonzáles, *Teoría Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*, Confemetal., vol. II. Madrid, 2005.
- [33] S. García, *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*, Díaz de Santos S.A. Madrid, 2003.
- [34] L. Sánchez, «Gestión del mantenimiento», Lima, 2021.
- [35] F. Cesáreo, *Tecnología del Mantenimiento Industrial*, Universidad Murcia., vol. I. Murcia, 1998.
- [36] C. Altmann, «El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad», 2018.
- [37] Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas, «Análisis de Fallas con Diagramas de Árbol», Texas, 2015.
- [38] A. Trujillo, «El árbol de fallos y el análisis de importancia, dos herramientas para la optimización de la gestión de distintos tipos de riesgos», 2017.
- [39] J. Aguilar y R. Torres, «Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad», *Tecnol. Ed. Ciencia (IMIQ)*, vol. 25, pp. 15-26, 2010, Accedido: may 24, 2022. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>

- [40] M. Bestratén, R. Orriols, y C. Mata, «NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos (AMFE).», España, 2004. Accedido: jun. 06, 2022. [En línea]. Available: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_679.pdf/3f2a81e3-531c-4daa-bfc2-2abd3aaba4ba?version=1.0&t=1528460825650
- [41] T. Sosa, *Lo Secreto del Mantenimiento Industrial*, Palibrio. 2014.
- [42] E. Villanueva, *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*, Editorial Patria., vol. I. México, D.F., 2014.
- [43] O. Campos, M. Toledo, y R. Tolentino, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos», *Científica*, vol. 23, pp. 51-59, 2019, [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>

Anexos

Anexo A. Registro de taller mecánico

Anexo A.1. Histórico de fallas de la Volqueta Hino #1

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	11/1/2022	Regulación de frenos y ruedas	10
2	14/1/2022	Cambio filtros del aceite	2
3	23/2/2022	Mantenimiento motor	40
4	9/3/2022	Revisión de frenos delanteros	5
5	21/3/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico	5
6	5/4/2022	Reparación de llantas traseras	4
7	11/4/2022	Cambio de llantas traseras	6
8	14/4/2022	Revisión de frenos de aire	2
9	11/5/2022	Cambio de zapatas	4
10	19/5/2022	Cambio de banda del alternador	6
11	10/6/2022	Cambio del aceite de la corona	6
12	29/6/2022	Revisión de tambores	2
13	13/7/2022	Sopleteada del radiador y colocación de refrigerante	8
14	20/7/2022	Cambio aceite del motor y filtros	10
15	27/7/2022	Revisión y cambio del filtro de combustible	6
16	8/8/2022	Revisión del motor de arranque	4
17	11/8/2022	Cambio del motor de arranque	6
18	9/9/2022	Lavado de la maquinaria	4

Anexo A.2. Histórico de fallas de la Volqueta Hino #2

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	10/1/2022	Revisión y cambio de amortiguadores delanteros	5
2	17/1/2022	Lavado filtros de aire	2,5
3	28/1/2022	Regulación de llantas	2,5
4	9/2/2022	Limpiado del radiador y puesta de refrigerante	3
5	22/2/2022	Cambio del aceite del motor	6
6	22/2/2022	Cambio de filtros	3
7	21/3/2022	Revisión del cable de aceleración	3
8	30/3/2022	Lavado general	2
9	1/4/2022	Ajuste de los pernos y suelda de la compuerta	10
10	18/4/2022	Reengrase de las 4 manzanas	15
11	11/5/2022	Revisión y regulación de los frenos	6
12	18/5/2022	Suelda y reparación de la mesa	24
13	13/6/2022	Recambio bandas del alternador	7

14	22/7/2022	Cambio terminales barra de dirección	20
15	12/8/2022	Cambio piñones de la corona	8
16	29/8/2022	Mantenimiento motor	40
17	5/9/2022	Mantenimiento zapatas	5

Anexo A.3. Histórico de fallas de la Volqueta Hino #3

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	17/1/2022	Engrase y lavada general	5
2	2/3/2022	Ajuste del pin del freno	18
3	1/3/2022	Regulación de los frenos	2,5
4	9/3/2022	Cambio de aceite de motor y filtros	3,5
5	5/4/2022	Reparación sistema eléctrico	24
6	15/4/2022	Sopleteado del radiador y filtro de aire	6
7	3/5/2022	Remachado de las zapatas	8
8	5/5/2022	Engrase de crucetas	4
9	12/5/2022	Revisión de radiador y puesta de refrigerante	4
10	14/6/2022	Regulación de llantas	6
11	15/6/2022	Regulación de frenos	4
12	15/6/2022	Revisión de batería	6
13	16/6/2022	Despiece y revisión del motor	80
14	15/7/2022	Ajuste y cambio de pernos en la compuerta	4
15	8/9/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico y filtros	8
16	9/9/2022	Cambio del filtro de combustible	4

Anexo A.4. Histórico de fallas de la Volqueta Hino #4

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	11/1/2022	Mantenimiento de bomba de inyección	10
2	31/1/2022	Reengrase de las 4 manzanas	8
3	9/2/2022	Cambio de aceite de motor y filtros	4
4	11/2/2022	Sustitución de los empaques y retenedor de fuerza	5
5	21/2/2022	Revisión y ajuste del cardán	6
6	7/5/2022	Regulación de llantas	12
7	10/5/2022	Sopleteado del radiador y filtro de aire	10
8	18/5/2022	Lavado y engrase general	13
9	29/6/2022	Revisión y ajuste de la batería	12
10	8/7/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico	8
11	19/7/2022	Regulación de frenos y llantas	6
12	20/7/2022	Sopleteado del filtro de aire	10
13	2/8/2022	Revisión frenos de aire	6

14	4/8/2022	Cambio del aceite de la corona	24
15	10/8/2022	Recambio de zapatas	10
16	15/8/2022	Sopleteado del radiador y filtro de aire	8

Anexo A.5. Histórico de fallas de la Retroexcavadora Caterpillar #1

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	27/1/2022	Revisión y cambio del aceite en el sistema hidráulico	10
2	5/2/2022	Cambio de aceite de motor y filtros	6
3	9/2/2022	Revisión y desmontaje del cucharón	24
4	10/2/2022	Revisión del cilindro hidráulico	4
5	10/2/2022	Sopleteado del filtro de aire	2
6	10/3/2022	Cambio manguera del sistema hidráulico	6
7	11/3/2022	Revisión del sistema hidráulico	18
8	12/4/2022	Lavado y engrase general	8
9	25/4/2022	Soldado del cucharón	6
10	25/4/2022	Ajuste pernos del cucharón	6
11	26/4/2022	Cambio de uñas del cucharón	18
12	16/5/2022	Revisión y cambio del alternador	24
13	2/6/2022	Revisión y ajuste del cardán	4
14	3/6/2022	Revisión y ajuste mangueras de presión	4
15	9/6/2022	Cambio de filtros	6
16	20/6/2022	Cambio válvulas de acción frontal	6
17	21/6/2022	Revisión de sistema eléctrico	4
18	1/7/2022	Despiece y revisión del motor	48
19	1/7/2022	Sopleteado del filtro de aire	2
20	5/7/2022	Revisión y ajuste de crucetas	6
21	5/7/2022	Revisión del sistema hidráulico	8
22	19/8/2022	Soldado rotura del cucharón y ajuste de pernos	8
23	12/9/2022	Revisión y ajuste manguera de presión	5

Anexo A.6. Histórico de fallas de la Retroexcavadora Caterpillar #2

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	8/1/2022	Despiece del brazo del cucharón	6
2	25/1/2022	Ajuste pernos en el tren de rodaje	4
3	18/2/2022	Revisión del sistema eléctrico	8
4	15/3/2022	Lavado y engrase general	6
5	16/3/2022	Ajuste pernos del cucharón	6
6	22/3/2022	Cambio válvulas de acción frontal	4

7	23/3/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico	5
8	23/3/2022	Cambio manguera del sistema hidráulico	3
9	25/4/2022	Revisión de sistema eléctrico	18
10	9/5/2022	Sopleteado del filtro de aire	6
11	24/6/2022	Cambio ruedas delanteras	24
12	9/7/2022	Cambio de bujía	2
13	26/7/2022	Revisión y ajuste mangueras de presión	4
14	26/7/2022	Cambio del cilindro hidráulico	6
15	27/7/2022	Revisión válvulas del sistema hidráulico	4
16	24/8/2022	Cambio de aceite de motor y filtros	6
17	25/8/2022	Revisión de alternador y cambio de correa	8

Anexo A.7. Histórico de fallas de la Excavadora Hyundai

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	11/1/2022	Cambio mangueras del sistema hidráulico	8
2	12/1/2022	Revisión del cilindro hidráulico	10
3	1/2/2022	Cambio de aceite de motor	6
4	16/2/2022	Revisión y ajuste de la batería	4
5	1/3/2022	Revisión y ajuste pernos de las orugas	6
6	3/3/2022	Desmontaje y juste pernos del cucharón	12
7	9/3/2022	Suelda del cucharón	6
8	11/3/2022	Cambio de filtros	4
9	15/3/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico	4
10	5/4/2022	Lavado y engrase general	6
11	7/4/2022	Revisión válvulas del sistema hidráulico	10
12	15/5/2022	Revisión del sistema eléctrico	12
13	15/6/2022	Desmontaje y montaje del cucharón	24
14	22/7/2022	Revisión del tren de rodaje	20
15	12/8/2022	Revisión y ajuste mangueras de presión	6
16	12/8/2022	Cambio manguera de presión	4
17	5/9/2022	Cambio de batería	4
18	13/9/2022	Desmontaje y cambio de uñas del cucharón	16

Anexo A.8. Histórico de fallas del Minicargador Caterpillar

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	17/1/2022	Lavado y engrase general	4
2	21/1/2022	Ajuste pernos de la pala	6
3	18/2/2022	Cambio de aceite de motor	4
4	18/2/2022	Cambio de filtros	2

5	22/2/2022	Revisión filtros de aire	6
6	4/4/2022	Revisión de la batería	3
7	16/4/2022	Ajuste de válvulas	2
8	20/4/2022	Revisión de llantas delanteras	6
9	23/4/2022	Cambio filtros de aire	4
10	24/4/2022	Engrase general	3
11	27/5/2022	Revisión del motor	48
12	7/7/2022	Revisión del sistema eléctrico	12
13	11/7/2022	Cambio del cilindro hidráulico	8
14	29/7/2022	Cambio filtro hidráulico	4
15	12/9/2022	Lavado de la máquina	4
16	13/9/2022	Cambio de válvula del sistema hidráulico	8

Anexo A.9. Histórico de fallas de la Cargadora Case

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	24/1/2022	Cambio aceite del sistema hidráulico	6
2	24/1/2022	Cambio de filtros	2
3	17/2/2022	Ajuste pernos de la estructura	4
4	18/2/2022	Lavado	3
5	18/2/2022	Engrasado	3
6	8/3/2022	Revisión de motor y sistema hidráulico	40
7	16/5/2022	Cambio filtro del sistema hidráulico	8
8	17/5/2022	Cambio de manguera de presión	4
9	17/6/2022	Desmontaje, montaje y suelda de la pala	20
10	4/8/2022	Revisión del sistema eléctrico	18
11	31/8/2022	Cambio de aceite motor	6
12	1/9/2022	Soldado de roturas en la estructura de la cabina	8
13	2/9/2022	Cambio de radiador	8

Anexo A.10. Histórico de fallas del Tractor de orugas Caterpillar

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	10/1/2022	Revisión de motor de arranque	4
2	12/1/2022	Cambio mangueras del sistema hidráulico	2
3	12/1/2022	Revisión del cilindro hidráulico	6
4	22/2/2022	Cambio de aceite de motor	6
5	23/2/2022	Revisión del tren de rodaje	24
6	1/3/2022	Ajuste pernos del tren de rodaje	4
7	2/3/2022	Ajuste pernos del cucharón	4
8	2/3/2022	Suelda del cucharón	2

9	28/3/2022	Cambio de filtros	4
10	29/3/2022	Cambio del aceite en el sistema hidráulico	4
11	10/5/2022	Desmontaje y montaje del cucharón	32
12	12/7/2022	Revisión válvulas del sistema hidráulico	3
13	13/7/2022	Revisión del sistema eléctrico	4
14	14/7/2022	Lavado y engrase general	3
15	15/7/2022	Sopleteado de las orugas	2
16	18/8/2022	Revisión y ajuste mangueras de presión	2
17	18/8/2022	Cambio manguera de presión	2
18	22/8/2022	Cambio de batería	4
19	25/8/2022	Revisión válvulas del sistema hidráulico	3
20	26/8/2022	Cambio válvula del sistema hidráulico	3
21	28/8/2022	Cambio aceite motor	4
22	6/9/2022	Revisión y cambio de rodillos	24
23	16/9/2022	Revisión y desmontaje del motor	48
24	17/9/2022	Revisión de cilindro hidráulico	8

Anexo A.11. Histórico de fallas de la Camioneta Toyota #1

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	7/2/2022	Revisión de frenos	2
2	7/2/2022	Cambio pastillas	4
3	14/3/2022	Revisión del motor y sistema de arranque	40
4	26/4/2022	Cambio de aceite del motor y corona	4
5	26/4/2022	Cambio de filtros	3
6	4/5/2022	Revisión de radiador y puesta de refrigerante	4
7	20/6/2022	Lavado general	4
8	23/6/2022	Cambio de luces delanteras	2
9	1/7/2022	Cambio de zapatas	6
10	11/7/2022	Revisión y cambio barra de dirección	12
11	1/8/2022	Lavado general	4
12	3/8/2022	Revisión y cambio de fusibles	2
13	10/8/2022	Regulación frenos	2
14	26/9/2022	Cambio de aceites	4
15	26/9/2022	Cambio de filtros	4
16	27/9/2022	Lavado general	4

Anexo A.12. Histórico de fallas de la Camioneta Toyota #2

N°	Fecha	Actividad	Tiempo (h)
1	14/3/2022	Lavado general	4
2	26/4/2022	Revisión sistema de arranque	18

3	26/4/2022	Cambio de zapatas	6
4	4/5/2022	Revisión y cambio de batería	18
5	20/6/2022	Lavado general	4
6	23/6/2022	Revisión y ajuste de la compuerta	2
7	1/7/2022	Revisión y cambio de empaque del cabezote	16
8	1/8/2022	Cambio de aceites	3
9	1/8/2022	Cambio de filtros	2
10	3/8/2022	Lavado general	4
11	10/8/2022	Cambio de pastillas	2
12	10/8/2022	Revisión de frenos	1

Anexo A.13. Histórico de fallas del Jeep Suzuki #1

N°	Fecha	Actividad de Reparación	Tiempo (h)
1	10/2/2022	Revisión y cambio de llantas delanteras	10
2	11/3/2022	Revisión de pastillas	2
3	12/3/2022	Cambio de pastillas	6
4	11/5/2022	Cambio de aceites	4
5	13/5/2022	Cambio de filtros y cambio disco de embrague	6
6	16/6/2022	Regulación de frenos	6
7	20/6/2022	Lavado general	4
8	24/6/2022	Revisión y cambio de zapatas	4
9	25/6/2022	Revisión y cambio de luces	4
10	28/7/2022	Revisión batería	12
11	29/7/2022	Revisión y cambio de amortiguadores	4
12	4/8/2022	Revisión del sistema eléctrico	10

Anexo A.14. Histórico de fallas del Jeep Suzuki #2

N°	Fecha	Actividad de Reparación	Tiempo (h)
1	21/2/2022	Regulación de frenos y cambio de zapatas	12
2	15/3/2022	Lavado general	4
3	17/3/2022	Revisión batería	2
4	18/3/2022	Revisión de luces	2
5	18/5/2022	Revisión de pastillas	2
6	19/5/2022	Cambio de pastillas	4
7	25/5/2022	Cambio de aceites	4
8	25/5/2022	Cambio de filtros	4
9	21/6/2022	Revisión del sistema de transmisión	16
10	12/8/2022	Revisión sistema de frenado	4
11	15/8/2022	Revisión sistema eléctrico	8
12	6/9/2022	Revisión del motor y cambio de carburador	10

Anexo B. Fichas Técnicas de la Maquinaria Pesada y Vehículos Livianos

Anexo B1. Ficha Técnica Volqueta Hino #1

		Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE			
Universidad Técnica de Ambato					
Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial					
Carrera de Ingeniería Industrial					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Volquete	Placa:	TMA-1044		
Potencia:	256 hp (191 KW)	Marca:	Hino		
Color:	Amarillo	Modelo:	GH		
Año:	2012	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	12,600 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
Función del equipo					
Las volquetas son vehículos que se utilizan en su mayoría para obras civiles, su función es transportar material de un lugar a otro u otro tipo de elementos.					
Elaborado por:	Darío Centeno	Aprobado por:	Ing. Fernando Urrutia		

Anexo B2. Ficha Técnica Volqueta Hino #2

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
<p align="center">Características técnicas del equipo</p>					
Equipo:	Volquete	Placa:	TMA-1043		
Potencia:	256 hp (191 KW)	Marca:	HINO		
Color:	Amarillo	Modelo:	GH		
Año:	2012	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	12,600 kg		
<p align="center">Sistemas del equipo</p>					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
<p align="center">Función del equipo</p>					
<p align="center">Las volquetas son vehículos que se utilizan en su mayoría para obras civiles, su función es transportar material de un lugar a otro u otro tipo de elementos.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B3. Ficha Técnica Volqueta Hino #3

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Volquete	Placa:	TMA-0019		
Potencia:	256 hp (191 KW)	Marca:	Hino		
Color:	Amarillo	Modelo:	GH		
Año:	2008	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	12,600 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
<p>Las volquetas son vehículos que se utilizan en su mayoría para obras civiles, su función es transportar material de un lugar a otro u otro tipo de elementos.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	


Anexo B4. Ficha Técnica Volqueta Hino #4

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Volquete	Placa:	TMA-0075		
Potencia:	256 hp (191 KW)	Marca:	Hino		
Color:	Amarillo	Modelo:	GH		
Año:	2009	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	12,600 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
<p>Las volquetas son vehículos que se utilizan en su mayoría para obras civiles, su función es transportar material de un lugar a otro u otro tipo de elementos.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B5. Ficha Técnica Retroexcavadora Caterpillar #1

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Retroexcavadora	Placa:	N/A		
Potencia:	78 hp (58 KW)	Marca:	Caterpillar		
Color:	Amarillo	Modelo:	416E		
Año:	2015	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	10,200 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
Función del equipo					
<p>Este equipo permite realizar trabajos de remoción, demolición, excavación de grandes cantidades de material, que luego será transportado de un lugar a otro.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B6. Ficha Técnica Retroexcavadora Caterpillar #2

		Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE			
Universidad Técnica de Ambato					
Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial					
Carrera de Ingeniería Industrial					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Retroexcavadora	Placa:	N/A		
Potencia:	78 hp (58 KW)	Marca:	Caterpillar		
Color:	Amarillo	Modelo:	420E		
Año:	2010	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	10,200 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
Este equipo permite realizar trabajos de remoción, demolición, excavación de grandes cantidades de material, que luego será transportado de un lugar a otro.					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B7. Ficha Técnica Excavadora Hyundai

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Excavadora	Placa:	N/A		
Potencia:	138 hp (103 KW)	Marca:	Hyundai		
Color:	Amarillo	Modelo:	210C		
Año:	2010	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	21,000 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema tren de rodaje			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
<p align="center">Este equipo es capaz de trabajar en terrenos irregulares, utilizados para el movimiento de tierra, la excavación de zanjas, nivelación de terrenos u otro tipo de materiales.</p>					
Elaborado por:	Darío Centeno	Aprobado por:	Ing. Fernando Urrutia		

Anexo B8. Ficha Técnica Minicargador Caterpillar

		Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE			
Universidad Técnica de Ambato					
Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial					
Carrera de Ingeniería Industrial					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Minicargador	Placa:	N/A		
Potencia:	82 hp (55 KW)	Marca:	Caterpillar		
Color:	Amarillo	Modelo:	246C		
Año:	2010	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	3,316 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
Este equipo es capaz de transportar, nivelar, descargar y mover volúmenes reducidos de tierra u otro tipo de material.					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B9. Ficha Técnica Cargadora Case

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Cargadora	Placa:	N/A		
Potencia:	137 hp (102 KW)	Marca:	Case		
Color:	Amarillo	Modelo:	621E		
Año:	2012	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	10,262 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
Función del equipo					
<p>Este equipo es utilizado para realizar trabajos de remoción, demolición y movimiento de grandes cantidades de material, que luego será transportado de un lugar a otro.</p>					
Elaborado por:	Darío Centeno	Aprobado por:	Ing. Fernando Urrutia		


Anexo B10. Ficha Técnica Tractor de Orugas Case

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Maquinaria		Tipo de equipo:	
				Pesado	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Tractor	Placa:	N/A		
Potencia:	158 hp (117 KW)	Marca:	Caterpillar		
Color:	Amarillo	Modelo:	850E		
Año:	1190	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A diésel	Peso de carga:	13,707 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema tren de rodaje			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema hidráulico		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
<p align="center">Este equipo permite trabajar sobre terrenos irregulares, es utilizado para el movimiento de grandes volúmenes de tierra u otro tipo de material.</p>					
Elaborado por:	Darío Centeno	Aprobado por:	Ing. Fernando Urrutia		

Anexo B11. Ficha Técnica Camioneta Toyota #1

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Vehículo		Tipo de equipo:	
				Liviano	
					
<p align="center">Características técnicas del equipo</p>					
Equipo:	Camioneta	Placa:	TMA-0059		
Potencia:	130 hp (92)	Marca:	Toyota		
Color:	Rojo	Modelo:	Stout		
Año:	1981	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A gasolina	Peso de carga:	1,200 kg		
<p align="center">Sistemas del equipo</p>					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
<p align="center">Función del equipo</p>					
<p align="center">Este equipo es principalmente utilizado para la movilización del personal operativo hacia los lugares de trabajo.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B12. Ficha Técnica Camioneta Toyota #2

		<p align="center">Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE</p>			
<p align="center">Universidad Técnica de Ambato</p>					
<p align="center">Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</p>					
<p align="center">Carrera de Ingeniería Industrial</p>					
Ficha para:		Vehículo		Tipo de equipo:	
				Liviano	
					
<p align="center">Características técnicas del equipo</p>					
Equipo:	Camioneta	Placa:	TMA-0057		
Potencia:	94 hp (127 KW)	Marca:	Toyota		
Color:	Plateado	Modelo:	Hilux		
Año:	2010	Área:	Taller Municipal		
Combustible:	A gasolina	Peso de carga:	1,250 kg		
<p align="center">Sistemas del equipo</p>					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
<p align="center">Función del equipo</p>					
<p align="center">Este equipo es principalmente utilizado para la movilización del personal operativo y para el envío de documentación ya sea dentro o fuera del cantón.</p>					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B13. Ficha Técnica Jeep Suzuki #1

		Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE			
Universidad Técnica de Ambato					
Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial					
Carrera de Ingeniería Industrial					
Ficha para:		Vehículo		Tipo de equipo:	
				Liviano	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Jeep	Placa:	TMC-0053		
Potencia:	160 hp (117 KW)	Marca:	Suzuki		
Color:	Plateado	Modelo:	Gran vitara sz		
Año:	2012	Área:	Patio Municipal		
Combustible:	A gasolina	Peso de carga:	1,569 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:		No cuenta:	x
Función del equipo					
Este equipo es principalmente utilizado para movilización del personal administrativo ya sea dentro o fuera del cantón.					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo B14. Ficha Técnica Jeep Suzuki #1

		Patio Automotriz de Maquinaria pesada y Vehículos livianos del GADM PATATE			
Universidad Técnica de Ambato					
Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial					
Carrera de Ingeniería Industrial					
Ficha para:		Vehículo		Tipo de equipo:	
				Liviano	
					
Características técnicas del equipo					
Equipo:	Jeep	Placa:	TMA-1101		
Potencia:	160 hp (117 KW)	Marca:	Suzuki		
Color:	Negro	Modelo:	Gran vitara sz		
Año:	2014	Área:	Patio Municipal		
Combustible:	A gasolina	Peso de carga:	1,569 kg		
Sistemas del equipo					
Sistema de dirección			Sistema motriz		
Sistema de transmisión			Sistema de frenado		
Sistema eléctrico			Sistema de suspensión		
Cuenta con el manual del fabricante:		Cuenta:	x	No cuenta:	
Función del equipo					
Este equipo es principalmente utilizado para movilización del personal administrativo ya sea dentro o fuera del cantón.					
Elaborado por:		Darío Centeno		Aprobado por:	
				Ing. Fernando Urrutia	

Anexo C. Indicadores de Mantenimiento

Anexo C1. Indicadores de Mantenimiento para la Volqueta Hino #2

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	144	10	48,00	3,33	0,02	0,30	88,87%
Febrero	142	12	47,33	4,00	0,02	0,25	
Marzo	149	5	74,50	2,50	0,01	0,40	
Abril	129	25	43,00	8,33	0,02	0,12	
Mayo	124	30	62,00	15,00	0,02	0,07	
Junio	147	7	73,50	3,50	0,01	0,29	
Julio	134	20	134,00	20,00	0,01	0,05	
Agosto	106	48	53,00	24,00	0,02	0,04	
Septiembre	149	5	149,00	5,00	0,01	0,20	
TOTAL			76,04	9,52	0,02	0,19	

Anexo C2. Indicadores de Mantenimiento para la Volqueta Hino #3

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	149	5	149,00	5,00	0,01	0,20	91,73%
Febrero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Marzo	130	24	43,33	8,00	0,02	0,13	
Abril	124	30	62,00	15,00	0,02	0,07	
Mayo	138	16	46,00	5,33	0,02	0,19	
Junio	58	96	14,50	24,00	0,07	0,04	
Julio	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Agosto	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Septiembre	142	12	71,00	6,00	0,01	0,17	
TOTAL			92,87	8,37	0,02	0,17	

Anexo C3. Indicadores de Mantenimiento para la Volqueta Hino #4

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	136	18	68,00	9,00	0,01	0,11	92,13%
Febrero	139	15	46,33	5,00	0,02	0,20	
Marzo	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Abril	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Mayo	119	35	39,67	11,67	0,03	0,09	
Junio	142	12	142,00	12,00	0,01	0,08	
Julio	130	24	43,33	8,00	0,02	0,13	

Agosto	106	48	26,50	12,00	0,04	0,08
Septiembre	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25
TOTAL			90,65	7,74	0,02	0,16

Anexo C4. Indicadores de Mantenimiento para la Retroexcavadora Caterpillar #1

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	144	10	144,00	10,00	0,01	0,10	88,29%
Febrero	118	36	29,50	9,00	0,03	0,11	
Marzo	130	24	65,00	12,00	0,02	0,08	
Abril	116	38	29,00	9,50	0,03	0,11	
Mayo	130	24	130,00	24,00	0,01	0,04	
Junio	130	24	26,00	4,80	0,04	0,21	
Julio	90	64	22,50	16,00	0,04	0,06	
Agosto	146	8	146,00	8,00	0,01	0,13	
Septiembre	149	5	149,00	5,00	0,01	0,20	
TOTAL			82,33	10,92	0,02	0,12	

Anexo C5. Indicadores de Mantenimiento para la Retroexcavadora Caterpillar #2

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	91,87%
Febrero	146	8	146,00	8,00	0,01	0,13	
Marzo	130	24	26,00	4,80	0,04	0,21	
Abril	136	18	136,00	18,00	0,01	0,06	
Mayo	148	6	148,00	6,00	0,01	0,17	
Junio	130	24	130,00	24,00	0,01	0,04	
Julio	138	16	34,50	4,00	0,03	0,25	
Agosto	140	14	70,00	7,00	0,01	0,14	
Septiembre	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
TOTAL			101,39	8,98	0,01	0,16	

Anexo C6. Indicadores de Mantenimiento para la Excavadora Hyundai

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	136	18	68,00	9,00	0,01	0,11	88,68%
Febrero	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	
Marzo	122	32	24,40	6,40	0,04	0,16	

Abril	138	16	69,00	8,00	0,01	0,13
Mayo	142	12	142,00	12,00	0,01	0,08
Junio	130	24	130,00	24,00	0,01	0,04
Julio	134	20	134,00	20,00	0,01	0,05
Agosto	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20
Septiembre	134	20	67,00	10,00	0,01	0,10
TOTAL			86,49	11,04	0,02	0,12

Anexo C7. Indicadores de Mantenimiento para la Minicargadora Caterpillar

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	90,41%
Febrero	142	12	47,33	4,00	0,02	0,25	
Marzo	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Abril	136	18	27,20	3,60	0,04	0,28	
Mayo	106	48	106,00	48,00	0,01	0,02	
Junio	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Julio	130	24	43,33	8,00	0,02	0,13	
Agosto	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Septiembre	142	12	71,00	6,00	0,01	0,17	
TOTAL			90,76	9,62	0,02	0,20	

Anexo C8. Indicadores de Mantenimiento para la Cargadora Case

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	146	8	73,00	4,00	0,01	0,25	89,61%
Febrero	144	10	48,00	3,33	0,02	0,30	
Marzo	114	40	114,00	40,00	0,01	0,03	
Abril	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Mayo	142	12	71,00	6,00	0,01	0,17	
Junio	134	20	134,00	20,00	0,01	0,05	
Julio	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Agosto	130	24	65,00	12,00	0,02	0,08	
Septiembre	138	16	69,00	8,00	0,01	0,13	
TOTAL			97,11	11,26	0,01	0,17	

Anexo C9. Indicadores de Mantenimiento para el Tractor de orugas Caterpillar

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/meses	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	142	12	47,33	4,00	0,02	0,25	87,07%
Febrero	124	30	62,00	15,00	0,02	0,07	
Marzo	136	18	27,20	3,60	0,04	0,28	
Abril	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Mayo	122	32	122,00	32,00	0,01	0,03	
Junio	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Julio	142	12	35,50	3,00	0,03	0,33	
Agosto	136	18	22,67	3,00	0,04	0,33	
Septiembre	74	80	24,67	26,67	0,04	0,04	
TOTAL			71,26	10,59	0,02	0,20	

Anexo C10. Indicadores de Mantenimiento para la Camioneta Toyota #1

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/meses	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	91,62%
Febrero	148	6	74,00	3,00	0,01	0,33	
Marzo	114	40	114,00	40,00	0,01	0,03	
Abril	147	7	73,50	3,50	0,01	0,29	
Mayo	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Junio	148	6	74,00	3,00	0,01	0,33	
Julio	136	18	68,00	9,00	0,01	0,11	
Agosto	146	8	48,67	2,67	0,02	0,38	
Septiembre	142	12	47,33	4,00	0,02	0,25	
TOTAL			88,83	8,13	0,01	0,25	

Anexo C11. Indicadores de Mantenimiento para la Camioneta Toyota #2

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/meses	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	93,92%
Febrero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Marzo	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Abril	130	24	65,00	12,00	0,02	0,08	
Mayo	136	18	136,00	18,00	0,01	0,06	
Junio	148	6	74,00	3,00	0,01	0,33	
Julio	138	16	138,00	16,00	0,01	0,06	
Agosto	142	12	28,40	2,40	0,04	0,42	

Septiembre	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
TOTAL			115,71	7,49	0,01	0,22	

Anexo C12. Indicadores de Mantenimiento para el Jeep #1

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	94,85%
Febrero	144	10	144,00	10,00	0,01	0,10	
Marzo	146	8	73,00	4,00	0,01	0,25	
Abril	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Mayo	144	10	72,00	5,00	0,01	0,20	
Junio	136	18	34,00	4,50	0,03	0,22	
Julio	138	16	69,00	8,00	0,01	0,13	
Agosto	144	10	144,00	10,00	0,01	0,10	
Septiembre	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
TOTAL			109,56	5,94	0,01	0,19	

Anexo C13. Indicadores de Mantenimiento para el Jeep #2

Mes	Tiempo de Operación (TO)	Tiempo de Parada (TP)	Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)/mes	Tiempo Medio de Reparación (TMR)	Tasa de Fallos (λ)	Tasa de Paralización (μ)	Disponibilidad (D)
Enero	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	94,30%
Febrero	142	12	142,00	12,00	0,01	0,08	
Marzo	146	8	48,67	2,67	0,02	0,38	
Abril	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Mayo	140	14	35,00	3,50	0,03	0,29	
Junio	138	16	138,00	16,00	0,01	0,06	
Julio	150	4	150,00	4,00	0,01	0,25	
Agosto	142	12	71,00	6,00	0,01	0,17	
Septiembre	144	10	144,00	10,00	0,01	0,10	
TOTAL			114,30	6,91	0,01	0,20	

Anexo D. Metodología PRISMA

N°	Título	Base de datos	Año	Viewpoint	Autor	Objetivo
1	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMFE	Dialnet	2018	VP1	Jesús Vicente González Sosa; Jesús Loyo Quijada; Miguel Ángel López Ontiveros	El mantenimiento industrial se ha utilizado en todos los sectores académicos e industriales dentro de un plan de mantenimiento, lo que permite fortalecer el entorno de trabajo para obtener resultados en la aplicación de este mismo, por ello es que constantemente se buscan alternativas para la evaluación de éste como parte del desarrollo y éxito en los departamentos correspondientes.
2	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PLANTA MINERA DE COBRE MINISTRO HALES, MEDIANTE ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA FMECA	Dialnet	2018	VP1	Oscar Cordero; Edgar Estupiñán	El presente trabajo demuestra mediante un análisis de sensibilidad, la conveniencia de implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, utilizando la metodología FMECA que permiten tener información más precisa sobre el estado de los equipos.
3	UNA POLÉMICA TRASCEDENTAL SOBRE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO	Dialnet	2017	VP3	Mario García Córdova	En la actualidad, debido al gran avance de la tecnología han surgido teorías que enfocan el mantenimiento desde diversas metodologías, dando como resultado que muchos supervisores, técnicos, maestros o teóricos de la especialidad, confunden el orden de aplicación del mantenimiento preventivo con el predictivo.
4	MAINTENANCE MANAGEMENT PLAN OF HEAVY MACHINERY	Scopus	2019	VP2	Kyi kyi swe; Zar Chi Thaug; Kyaw Myat Moe	El objetivo de este estudio es desarrollar un plan de mantenimiento para un rodillo y un camión, para reducir el coste por

						mantenimiento. Este plan está diseñado para agregar valores a procedimientos de mantenimiento y reducir los riesgos y exposiciones a pérdidas.
5	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA GRANITOS Y MÁRMOLES ACABADOS SAS	Dialnet	2021	VP3	María Gabriela Mago Ramos; Sebastián Rocha Pachón	Esta investigación propone el diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo en pequeñas industrias que empezaron en forma de proyectos familiares o de manera artesanal, las cuales no tuvieron la posibilidad de adoptar una estrategia de mantenimiento como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que permite identificar los equipos más críticos, mediante un análisis de criticidad para el proceso y adoptar estrategias a fin de posibilitar la eliminación de la ocurrencia de fallas.
6	APLICABILIDAD DE LA CRITICIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Dialnet	2019	VP1	Marcial Alfredo Yam Cervantes; Ramón de Jesús Pali Casanova; José del Carmen Zavala Loría	Este trabajo presenta un sistema de información de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo relacionado con los datos obtenidos a partir de una Matriz de Criticidad cuyos parámetros fueron basados en el historial de intervenciones de mantenimiento y la observación visual y auditiva de los equipos.
7	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TALLERES DEL CENTRO CIES SENA REGIONAL NORTE DE SANTANDER UTILIZANDO METODOLOGÍA AMEF	Dialnet	2019	VP3	Isaac Silva Urbina; Mario Rodríguez Pineda; Rafael Acosta Roza; Pablo Gómez Monsalve	Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los entornos de formación en mantenimiento mecánico industrial, mecanizado de productos metalúrgicos, mecánica de transmisión diésel, mantenimiento de motores diésel y mantenimiento electromecánico de automoción.

8	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA OPTIMIZAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MÁQUINA CON MAYOR CRITICIDAD	Dialnet	2017	VP3	Juan Pablo Diestra Quevedo; Lourdes Esquiviel Paredes; Robert Guevara Chinchayan	El objetivo de este documento es diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se ajuste a la necesidad operacionales de la empresa.
9	EL MANTENIMIENTO PROACTIVO EN EQUIPOS MECÁNICOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EN ECUADOR	Dialnet	2017	VP1	Ronal Elicio Moscoso Jácome	El objetivo que se persigue es diagnosticar el mantenimiento proactivo para disminuir el mantenimiento correctivo de los equipos mecánicos de transporte de hidrocarburos en Ecuador, con un buen diagnóstico se pueden evitar daños severos y elevados costos de reparación.
10	MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ASIGNACIÓN GRUPAL DE PRIORIDADES CON METODOLOGÍA PROCESOS DRV	Dialnet	2017	VP3	Magdalena Dimitroff; Daniel Pontelli; José Francisco Zanazzi	El trabajo presenta una aplicación de toma de decisiones en equipo orientada a la elaboración de un referencial que permita establecer prioridades en tareas de mantenimiento preventivo.
11	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES 730E KOMATSU	Scopus	2017	VP3	Carol Alavedra Flores; Yumira Gastelu Pinedo; Griseyda Méndez Orellana	Todo sistema es productivo, siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas. Basada en este principio, la investigación en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. consistió en el análisis de la situación actual de los equipos y determinó cuál es la relación entre la gestión de mantenimiento preventivo a través de sus indicadores y la disponibilidad.
12	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE VOLQUETES DE CARGA Y TRANSPORTE MEDIANTE	Scopus	2020	VP2	Jakkula, Balaraju; Govinda Raj	El volquete de transporte de carga (LHD) es una de las principales maquinarias de transporte de minerales utilizadas en la industria minera subterránea. La

ANÁLISIS DE
CONFIABILIDAD

						confiabilidad de LHD es muy importante para lograr los objetivos esperados de producción. El rendimiento del equipo debe mantenerse en su nivel más alto para cumplir con los objetivos.
13	SISTEMA PARA EVALUAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS EN EL SECTOR INDUSTRIAL	Scielo	2017	VP1	Maira Gasca; Luis Camargo; Byron Medina	Se propone una herramienta para evaluar la confiabilidad de equipos críticos, con el objetivo de brindar criterios para mejorar la toma de decisiones en el mantenimiento.
14	RELACIÓN ENTRE LA PRODUCTIVIDAD, EL MANTENIMIENTO Y EL REEMPLAZO DEL EQUIPAMIENTO MINERO EN LA GRAN MINERÍA	Scielo	2018	VP1	Esmilka Guerra López; Alexis Montes de Oca	El problema que fundamenta esta investigación es la necesidad de establecer la relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero que se utiliza en la minería a cielo abierto a gran escala, partiendo del análisis de su desempeño bajo condiciones concretas de explotación.
15	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHICULOS Y MAQUINARIA PESADA PARA LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y SERVICIOS DE COLOMBIA TRASERCOL S.A.S	Redalyc	2019	VP3	Marisol Rizzo Velásquez	El presente informe tuvo como finalidad diseñar un plan de mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria pesada para la empresa de transporte y servicios de Colombia TRASERCOL S.A.S., ubicada en San Martín – Cesar por medio del cual se estableció un adecuado protocolo de gestión para todas las actividades de mantenimiento preventivo que surjan.
16	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE LOS EQUIPOS INSPECCIÓN VEHICULAR	Redalyc	2019	VP1	Quispe Bautista Robert; Corrales Ríos Christian Richard	El Mantenimiento preventivo, alarga la vida útil en los equipos reduciendo costos. es importante precisar que se logre desarrollar con creatividad, iniciativa, responsabilidad y calidad, la misión que le compete al Mantenimiento dentro de gestión de mantenimiento.

17	METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS	Redalyc	2019	VP1	Alín Edgard López Guizábalo	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas y los equipos a través de una correcta implementación de gestión de mantenimiento preventivo.
18	MODELO DE DIAGNÓSTICO, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO	Redalyc	2018	VP3	Rogej Arturo Marrero; José Alberto Vilalta; Edith Martínez	El objetivo del trabajo, fue proponer el diseño de un modelo integrador para la gestión del mantenimiento, con la utilización de técnicas multicriterio, que contribuya a la generación de los planes de mantenimiento, como una herramienta que facilite la toma de decisiones empresariales.
19	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS UTILIZANDO EL SOFTWARE “SGMANTE 2.0”	Redalyc	2020	VP1	Pablo Manuel Hernández; Dariel Castillo; Fabienne Torres	Se planteó como objetivo obtener los planes de mantenimiento de las máquinas agrícolas en la U.B.P.C. “El Sordo”, utilizando el software SGMANTE 2.0 para la gestión de las maquinas agrícolas.
20	METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) CONSIDERANDO TAXONOMÍA DE EQUIPOS, BASES DE DATOS Y CRITICIDAD DE EFECTOS	Redalyc	2019	VP3	Omar Campos López; Guilbaldo Tolentino Eslava; Miguel Toledo Velázquez	En este trabajo se propone una metodología RCM aumentada, que además de incluir los pasos que señala la norma SAE JA1011, incluye algunos pasos adicionales que facilitan la aplicación. es una metodología ampliamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento de equipos industriales basándose en asegurar las funciones del equipo para la satisfacción del usuario o propietario.

LIBROS

21	GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO	Biblioteca virtual UTA	1997	-	Navarro Luis; Pastor Ana; Mugaburu Jaime	El objetivo de este libro es explicar el mantenimiento y a que niveles se encuentra actualmente y las mejoras que se pueden introducir para generar beneficios.
22	GESTIÓN MODERNA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	Biblioteca virtual UTA	2012	-	García Oliveiro	El objeto principal del presente libro es dar a conocer los principios elementales de la gestión moderna del mantenimiento industrial, que busca integrar las teorías gerenciales con las actividades de mantenimiento. Se centra en los sistemas de gestión, factores clave de productividad, aplicaciones y herramientas para mejorar la eficacia del mantenimiento.
23	MANTENIMIENTO TÉCNICAS Y APLICACIONES	Biblioteca virtual UTA	2017	-	Medrano José; Gonzáles Víctor; Díaz Vicente	El contenido del presente libro aborda conceptos y sistemas de mantenimiento requeridos por las industrias en relación con el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
24	ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO	Biblioteca virtual UTA	2003	-	García Santiago	Manual práctico para implantación de sistemas avanzados de mantenimiento.
25	LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	-	2014	-	Villanueva Enrique	Este libro busca que el lector del mismo se convierta en especialista en la conservación industrial. Sean temas de mantenimiento, planeación y planificación en búsqueda de las metas y objetivos de la empresa.
26	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA	-	2003	-	Rodríguez José	El presente libro busca implantar conceptos a la gestión del mantenimiento asistida por ordenar que vayan en beneficio de la organización.
27	LO SECRETO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	-	2014	-	Vázquez Tomás	Este libro da a conocer lo que nunca se dice de los técnicos de servicio y del mismo mantenimiento en general cómo:

						virtudes, defectos, necesidades, bondades, obligaciones, derechos, buenas prácticas.
28	TECNOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	-	1998	-	Cesáreo Félix	Ante la necesidad de nuevas tecnologías para hacerle frente ante las necesidades de los equipos, el presente libro detalla nuevas técnicas y herramientas para implantar dentro del mantenimiento.
29	TEORÍA PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL AVANZADO	-	2005	-	González Francisco	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas.
30	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL PRÁCTICO	-	2013	-	Villardell Eugenio	Este libro presenta conceptos y técnicas para el desarrollo de análisis de equipos que ayudan a la gestión del mantenimiento.
31	NTP 679: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS. AMFE	INSST	2004	-	Bestratén Manuel; Orriols Rosa; Mata Carles	Norma técnica que permite realizar un análisis modal de fallos y efectos sobre los equipos, es una herramienta para el análisis de fallos.
32	EL ÁRBOL DE FALLOS Y EL ANÁLISIS DE IMPORTANCIA, DOS HERRAMIENTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE RIESGOS	-	2017	-	Trujillo Arturo	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas
33	EL ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ, COMO HERRAMIENTA EN LA MEJORA DE LA CONFIABILIDAD	-	2018	-	Altmann Carolina	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
34	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CAT	-	2017	-	Olives Ramón	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas

35	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: LEAN MAINTENANCE Y TPM	-	2018	-	Fernández Álvarez Edgar	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
36	LA ESTRATEGIA PREDICTIVA EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	-	2017	-	Ballesteros Robles Francisco	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas
37	MÓDULO MANTENIMIENTO CORRECTIVO, PREVENTIVO Y PREDICTIVO	-	2007	-	Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
38	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	-	2022	-	SafetyCulture	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas
39	ANÁLISIS DE FALLAS CON DIAGRAMAS DE ÁRBOL	-	2015	-	Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
40	MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	-	2006	-	Molina José	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas
41	IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN	-	2010	-	Olarte William; Botero Marcela; Cañon, Benhur	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
42	DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIA PESADA DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL	-	2018	-	Jonathan Olivo	El presente libro busca dar a conocer todos los conceptos que van relacionados con el mantenimiento y todas sus aristas

CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA						
43	EL MANTENIMIENTO COMO HERRAMIENTA PARA CONSEGUIR INFRAESTRUCTURA DE ALTA CALIDAD Y DURABILIDAD	-	2019	-	Pastor Cinthya	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
44	PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO CAMINERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA	-	2018	-	Chicaiza Julio; Yaguana Royer	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.
45	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PLANTA MINERA DE COBRE MINISTRO HALES, MEDIANTE ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA FMECA	-	2018	-	Oscar Cordero; Edgar Estupiñán	En la presente investigación tuvo como objetivo establecer las metodologías y técnicas principales para incrementar la disponibilidad de las máquinas.

Anexo E. Bitácora de Mantenimiento Preventivo

