



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE GMAO PARA LA
MAQUINARIA DEL GAD DE GUALACEO**

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

AUTORES: CARLOS ALEXANDER LÓPEZ ALBA
ISMAEL ANTONIO TOALONGO GALABAY
TUTOR: ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR, MSc.

Cuenca - Ecuador
2022

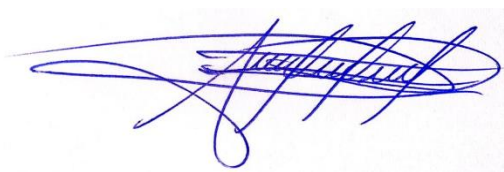
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Alexander López Alba con documento de identificación N° 1105054504 y Ismael Antonio Toalongo Galabay con documento de identificación N° 0302703855; manifestamos que:

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

Cuenca, 19 de diciembre del 2022

Atentamente,



Carlos Alexander López Alba

1105054504



Ismael Antonio Toalongo Galabay

0302703855

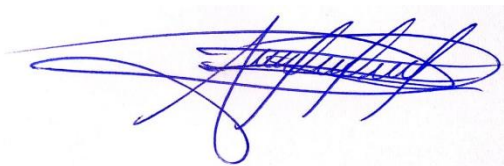
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Carlos Alexander López Alba con documento de identificación N° 1105054504 y Ismael Antonio Toalongo Galabay con documento de identificación N° 0302703855, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Propuesta de un plan de mantenimiento mediante GMAO para la maquinaria del GAD de Gualaceo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 19 de diciembre del 2022

Atentamente,



Carlos Alexander López Alba

1105054504



Ismael Antonio Toalongo Galabay

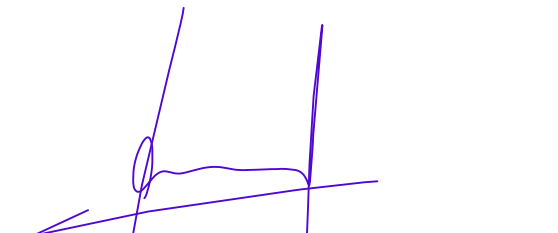
0302703855

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Oswaldo García Tobar con documento de identificación N° 0104282181, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE GMAO PARA LA MAQUINARIA DEL GAD DE GUALACEO, realizado por Carlos Alexander López Alba con documento de identificación N° 1105054504 y por Ismael Antonio Toalongo Galabay con documento de identificación N° 0302703855, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de diciembre del 2022

Atentamente,



Ing. Milton Oswaldo García Tobar, MSc.
0104282181

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi padre e hijo, ya que gracias a su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil he podido alcanzar esta tan anhelada meta.

Esto va por ti papá por siempre confiar en mi brindándome tu apoyo, dándome consejos y amor, encaminándome en cada etapa de mi vida, teniéndome la paciencia necesaria durante estos años académicos, inculcándome valores éticos y morales, que han hecho que culmine esta importante etapa de formación académica.

Hijo querido, eres mi pilar fundamental, gracias por hacerme sonreír en los momentos más difíciles y decirme que no me rinda jamás, espero que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos.

Carlos López Alba

Dedicatoria

En el transcurso del tiempo, durante mi formación, desde niño tuve la oportunidad de crecer en un hogar, en donde siempre me inculcaron la importancia del crecimiento de la persona en valores como en conocimientos, por ello dirijo este proyecto técnico a los miembros de mi familia.

Pero de manera muy especial a mi señora madre Gloria Galabay, quien a pesar de las circunstancias adversas siempre me ha brindado su ejemplo como profesional y como ser humano comprometido con su trabajo y servicio a la colectividad, a ella por brindarme su apoyo incondicional y amor de madre, a ella por haber echo de mí, todo lo que hoy en día soy, por brindarme la educación superior en la Universidad Politécnica Salesiana.

Ismael Toalongo Galabay

Agradecimiento

Doy las gracias a Dios, por darme salud, cordura y rectitud, para superar cada uno de los obstáculos que se han presentado durante mi formación académica, ya que sin él no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

A mi Padre quien ha sido el pilar fundamental durante mi formación académica, y ha sabido brindarme toda su confianza, quien ha estado conmigo en las buenas y malas, dándome ánimos para salir siempre hacia delante, llenándome de virtudes e ideales que me ayudan a cumplir mis sueños y sobre todo brindándome su amor.

A mi hijo quien es mi fuente de inspiración, lo más preciado en mi vida, a quien amo con todo mi ser, gracias por alegrar mis días y darle sentido a mi vida.

A mi abuelita quien me cuida y guio por el camino del bien, sé que desde el cielo está muy orgullosa de mí y de los logros que he conseguido hasta ahora.

Al Ing. Milton García Tobar por brindarnos todo el asesoramiento para la realización del presente proyecto de titulación; así mismo al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Gualaceo por habernos abierto las puertas de la institución para la realización de nuestra tesis y facilitarnos datos necesarios para la elaboración de esta.

A todos mis amigos por todos los buenos momentos y experiencias que hemos compartido, ya que con su apoyo he podido llegar hasta este punto.

A Don Hernán (Don H) por ser una persona comprometida al brindándonos su ayuda y por darnos ánimos para seguir siempre adelante en nuestra vida de estudiantes.

Carlos López Alba

Agradecimiento

Al haber transcurrido una etapa en mi formación y culminar con una meta en mi vida. Agradezco primeramente a Dios por haberme brindado salud y cordura en todos los años de formación educativa

Con consideración al departamento financiero de la C.C.E. Benjamín Carrión Núcleo del Cañar, así como también a los centros automotrices Tecnoauto y Servi Motors que tuvieron la gentileza de abrirme las puertas en el transcurso de mi etapa estudiantil. De la misma forma a mis docentes del área de formación básica y praxis profesional, por su ayuda y haberme brindado los conocimientos y aptitudes necesarias para formarme como profesional.

De manera especial al docente tutor del trabajo el Ing. Milton García por su disponibilidad y carácter de servicio hacia los estudiantes, a mi compañero Carlos, con el que durante esta última etapa compartimos conocimientos para cumplir con nuestro objetivo para alcanzar la anhelada profesionalización como Ingenieros Automotrices.

Ismael Toalongo Galabay

RESUMEN

En la actualidad toda empresa encargada de la ejecución de trabajos en un área determinada requiere del uso de maquinaria para facilitar y agilizar dicha labor. Sin embargo, es importante considerar que los equipos deben tener actividades de mantenimiento previamente planificadas para garantizar la operatividad la maquinaria.

El presente proyecto técnico recoge la gestión de un plan de mantenimiento enfocado hacia la maquinaria del GAD de Gualaceo. Para la ejecución del presente trabajo se realizó una valoración de campo de la maquinaria y un análisis de la documentación del registro con los que contaba el GAD del cantón Gualaceo.

Luego se procedió con un peritaje para establecer el estado actual de cada equipo, las posibles fallas y condiciones de operación de cada máquina. Esta actividad tuvo la finalidad de establecer criticidad en los equipos, para que mediante estos indicadores se plantee el plan de mantenimiento enfocado en los sistemas más críticos de cada máquina.

Finalmente se desarrolló un software para la gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), esto desde una perspectiva de una página Web que brinda varias ventajas ante un software de escritorio convencional, más allá de gestionar las actividades de cada departamento permite llevar una correcta planificación para cada trabajo que se realice. Gracias a esta herramienta, se pudo perfeccionar la planificación interna del personal de la división de obras públicas, garantizando de esa manera optimizar el tiempo y disminuir costos en cada actividad de mantenimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento, Gestión, Gobierno, Software, GMAO.

SUMMARY

At present, any company in charge of the execution of jobs in a certain area requires the use of machinery to facilitate and expedite said work. Nevertheless, it is important to considering the equipment must have previously planned maintenance activities to guarantee the operation of the machinery.

This technical project includes the management of a maintenance plan focused on the heavy machinery of the GAD of Gualaceo canton. For the development of this project a field assessment of the machinery was made and an analysis of the registry documentation that the GAD of the Gualaceo canton had.

Then proceeded with an expert opinion to establish the status of each equipment, possible failures, and operating conditions of each machine. This activity was intended to establish equipment criticality, so that through these indicators the maintenance plan is proposed, focused on the most critical systems of each machine.

Finally, a computer tool for the management of Computer Aided Maintenance (CMMS) was developed, this from the perspective of a Web page that offers several advantages over conventional desktop software, beyond managing the activities of each department allows to carry out a correct planning for each job to be done. Thanks to this tool, it was possible to improve the organization of personnel within the public works department, thus guaranteeing to optimize time and reduce costs in each maintenance activity.

Keywords: Maintenance, Management, Government, Software, CMMS.

Índice General

1	INTRODUCCIÓN.....	17
2.	PROBLEMA	18
	Antecedentes.....	18
	Importancia y Alcances	18
	Delimitación	19
3.	OBJETIVOS	20
	Objetivo General.....	20
	Objetivos Específicos	20
	<i>Capítulo 1 Revisión Bibliográfica.....</i>	21
	Introducción.....	21
4.	<i>Historia del mantenimiento.....</i>	21
	Compendio de la línea del tiempo	22
4.1.	<i>Conceptos de mantenimiento.....</i>	23
4.2.	<i>Objetivos de mantenimiento</i>	23
4.3.	<i>Definición de mantenimiento</i>	24
4.4.	<i>Gestión de mantenimiento mediante GMAO</i>	24
	Las funciones principales de un GMAO son:.....	24
	Las ventajas que brinda un GMAO son:.....	25
4.5.	<i>Tipos de mantenimiento.....</i>	25
	Mantenimiento ante fallo.....	25
	Mantenimiento Correctivo.....	25
	Mantenimiento Preventivo	26

Mantenimiento Predictivo	26
Cero Horas (Overhaul)	26
Mantenimiento en Uso.....	27
4.6. Índices e indicadores de mantenimiento.....	27
Confiabilidad	27
Función de confiabilidad	28
Función de distribución de fallas acumuladas	28
Función de densidad de probabilidad de fallas.....	29
Mantenibilidad.....	29
Función de mantenibilidad	29
Tiempo medio de recuperación, MTTR	30
Disponibilidad	30
Disponibilidad inherente o intrínseca	30
Disponibilidad alcanzada.....	30
Disponibilidad operacional.....	31
Disponibilidad operacional generalizada.....	32
Fiabilidad.....	32
4.8. Fichas de control	32
Capítulo 2 Valoración de la condición actual de la maquinaria.....	33
Introducción.....	33
5. Ubicación del taller del GAD del Cantón Gualaceo	33
Departamento de talleres del GAD de Gualaceo (DTGG)	34
Distribución del DTGG	34

Competencias del personal DTGG	35
6. Identificación de la maquinaria del GAD de Gualaceo	36
Constitución de la maquinaria pesada	37
Sistemas de la maquinaria a considerar	38
Criterios de evaluación para la inspección visual de la maquinaria	39
Plan de mantenimiento en los sistemas vehiculares	41
Análisis de criticidad en los sistemas vehiculares	41
7. Plan de Mantenimiento para los Sistemas más críticos.....	43
Indicadores de actividades.....	44
Mantenimientos por kilometraje y/o horas	45
Periodos de mantenimiento	45
Propuesta del plan de mantenimiento para los sistemas más críticos.....	46
Capítulo 3 Elaboración del GMAO para la gestión del mantenimiento.....	50
Introducción.....	50
8. Elaboración del GMAO	50
9. Lenguaje de programación del Software	50
Arquitectura del GMAO	51
Objetivos del programa	53
Funcionamiento del programa	53
Inicio de sesión	53
Menú principal.....	54
Ordenes de trabajo	55
10. Conclusiones:	57

11. Recomendaciones.....	59
12. Bibliografía:	60
13. ANEXOS.....	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación del Cantón Gualaceo.	19
Ilustración 2 Ubicación del taller del GAD de Gualaceo.	34
Ilustración 3 Distribución del DTGG.	35
Ilustración 4 Distribución de los equipos del GAD de Gualaceo	38
Ilustración 5 Criticidad de los sistemas de la maquinaria del GAD de Gualaceo	44
Ilustración 6 Arquitectura del GMAO	51
Ilustración 7 Estructura del Software.....	52
Ilustración 8 Inicio de sesión en el GMAO	54
Ilustración 9 Menú principal.....	55
Ilustración 10 Orden de trabajo.....	56
Ilustración 11 Registro de mantenimiento	56

Índice de Tablas

Tabla 1 Evolución de los procesos de mantenimiento.....	22
Tabla 2 Inventario del GAD de Gualaceo.....	36
Tabla 3 Inventario del tipo de maquinaria.	37
Tabla 4 Criterios de evaluación para la inspección visual de la maquina.	39
Tabla 5 Matriz de criticidad para los sistemas vehiculares.....	41
Tabla 6 Sistemas de la maquinaria con su patrón de mantenimiento.	42
Tabla 7 Guía de actividades para la realización del plan de mantenimiento.	44
Tabla 8 Código de colores para la guía de actividades.....	45
Tabla 9 Periodos de mantenimiento para la maquinaria del GAD de Gualaceo.	45
Tabla 10 Plan de mantenimiento para Volquetas/tanquero.	47
Tabla 11 Plan de mantenimiento para Retroexcavadora.....	49

Tabla 12 Plan de mantenimiento para Rodillo Liso.....	62
Tabla 13 Plan de mantenimiento para Tractor de Oruga.....	63
Tabla 14 Plan de mantenimiento para Excavadora de Oruga.....	64
Tabla 15 Plan de mantenimiento para Motoniveladora.....	65
Tabla 16 Plan de mantenimiento para Minicargador.....	66

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el mantenimiento esta conceptualizado por el conjunto de actividades y técnicas que tienen como objeto mantener el rendimiento del equipo de trabajo, con la finalidad de conservarlas en un estado óptimo para llegar a tener ventajas durante las actividades laborales.

El mantenimiento ha ido desarrollando nuevas técnicas con el transcurso del tiempo mediante el desarrollo tecnológico, en la actualidad existen medios que permiten enfatizar diferentes trabajos de mantenimiento y mediante el uso de estas herramientas mejorar la eficiencia de los trabajos aplicados en cada máquina, o instalación.

Por lo tanto, el progreso de un plan de mantenimiento para el departamento de obras públicas del GAD de Gualaceo será fundamental para mejorar las actividades de los trabajos en la ejecución de los mantenimientos de cada máquina, de esta manera solventar la problemática que presenta la organización ante el déficit del control en los departamentos a cargo de las máquinas, todo aquello se presenta por no llevar una planificación y gestión de los trabajos a ejecutarse.

2. PROBLEMA

El GAD Municipal del cantón Gualaceo cuenta con cinco volquetes, tres rodillos lisos, dos tractores, dos retroexcavadoras, dos motoniveladoras, una sola unidad de carga, mini cargadora, excavadora oruga, tanquero. El director de obras públicas y administrativo de la maquinaria menciona que, la Institución no cuenta con una planificación para las tareas de mantenimiento de la maquinaria. Ante esta desventaja algunos equipos de la institución se encuentran fuera de servicio generando retardo en las actividades de las obras publicas planificadas. Además, la gestión de mantenimiento no cuenta con un soporte informático, que garantice la organización de control y almacenamiento de cada acción planificada para el plan de mantenimiento en función de las variables de tiempo de rodaje y kilometraje de los vehículos.

Antecedentes

El Plan de mantenimiento podría considerarse uno de los sistemas de gestión más importantes con el cual debería contar una empresa, a través del modelo de gestión el GAD de Gualaceo optimizara diversos elementos en el área referente al mantenimiento de la maquinaria de obras públicas, departamento que pertenece a este municipio, al momento se conoce que carecen de un modelo de gestión, por tal motivo no se lleva un control ni un registro exacto del estado de las máquinas, por lo tanto mediante la investigación de campo se analizara la toma de datos para generar dicho plan de mantenimiento.

Importancia y Alcances

El beneficio de GAD de Gualaceo con la ejecución de un tipo de gestión para que se pueda cuantificar cada equipo y sobremanera optimizar costos, mano de obra, tiempo, así como también un debido control y revisión del estado de las máquinas para que el departamento de obras públicas no presente retrasos al momento de la ejecución de los trabajos designados.

Delimitación

El actual proyecto, se llevará a efecto en la Provincia del Azuay, Cantón de Gualaceo, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2233 m.s.n.m, una superficie total de 347 km² y una población aproximada de 38587 habitantes.

Ilustración 1.

Ubicación del Cantón Gualaceo



Nota. Adaptado de GOOGLE Sites [Fotografía], por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, GUALACEO TURISMO (<https://sites.google.com/site/gualaceoturismo/>).

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Generar una propuesta para la gestión de mantenimiento mediante GMAO para el GAD Municipal del cantón Gualaceo.

Objetivos Específicos

- Efectuar una revisión bibliográfica, sobre los procesos de gestión y planes de mantenimiento.
- Diagnosticar el estado actual de la maquinaria mediante la recopilación de la información existente.
- Elaborar una aplicación informática para la gestión de un plan de mantenimiento preventivo.

Revisión Bibliográfica

Introducción

En el actual capítulo, se lleva a efecto la exploración bibliográfica sobre los modelos de mantenimiento, enfocando los conceptos desde diferentes puntos de vista de cada uno de los autores con la finalidad de comprender y plantear la base para el avance del plan de mantenimiento en los próximos capítulos.

4. Historia del mantenimiento

Se establece como mantenimiento, las actividades que estiman como objeto conservar un artículo o restablecerlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo un trabajo determinado para el cual este equipo fue diseñado. El mantenimiento surge desde hace miles de años, en el momento que el hombre en busca de la supervivencia sintió la necesidad de diseñar herramientas para facilitar la subsistencia y trabajo en sus actividades diarias.

Estas herramientas poseían sus fallos, ante estas circunstancias el hombre debía restaurarlas o mejorarlas con la finalidad de mantener una durabilidad prolongada. Fue en el siglo XVIII durante la Revolución Industrial, donde surgió inquietud por los daños de los equipos o herramientas, en muchas ocasiones la inactividad industrial. Esto ocasionó una serie de estudios y aplicaciones del mantenimiento.

Compendio de la línea del tiempo

En la Tabla 1 se establece los modelos de mantenimiento desde la revolución industrial hasta la época actual

Tabla 1

Evolución de los procesos de mantenimiento

Año	Descripción
1780	El primer mantenimiento Correctivo (CM)
1798	Se reutilizaban partes intercambiables en las máquinas
1903	Proceso de producción Industrial Masiva
1910	Formación de cuadrillas de (CM)
1914	Desarrollo del mantenimiento Preventivo (MP)
1916	Inicio del Proceso Administrativo, para el mantenimiento
1927	Uso de la estadística en producción
1931	Control Económico de la Calidad
1937	Principio de W. Pareto
1939	Trabajos de (MP) mediante estadística
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad
1950	Desarrollo del Mantenimiento Productivo (PM)
1951	Se da a conocer el “Análisis de Weibull”
1961	Se inicia el Poka-Yoke
1965	Se desarrolla el análisis- Causa- Raíz (RCA)
1968	Se presenta el RCM mejorado.
1970	El uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS)
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)
1978	Se presenta la Guía MSG-3 mantenimiento para naves aéreas
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)
1980	Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias
1995	Se desarrolla el proceso de los 5s
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

Nota: La Tabla 1 indica las nuevas tecnologías de mantenimiento a través de los años.

4.1. Conceptos de mantenimiento

Con el transcurso de los años, a la palabra mantenimiento se le ha dado nuevos conceptos independientemente de cada autor, que lo estructuran de acuerdo con su propia ideología, a continuación, se presentan algunos criterios.

Rondón (2021) ha afirmado lo siguiente:

Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucradas dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.

Todas estas acciones integran todo un compendio de aptitudes, experiencia, habilidad, capacidad de trabajo en equipo, entre otras dependencias de la organización, para que exista una buena gestión administrativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño (pág. 21).

“Las operaciones que tienen como objetivo conservar un artículo o restaurarlo a una etapa en el cual pueda llevar a cabo una función requerida” (S. Garrido, 2010)

“El mantenimiento es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten que las maquinas funciones óptimamente” (Sacristán, 2001)

4.2. Objetivos de mantenimiento

JM Lucía (1990) establece los siguientes objetivos:

El proceso para crear y establecer un sistema organizativo, que tenga como objeto su optimización mediante la informatización debe tener en cuenta algunos objetivos.

Para el Mantenimiento su optimización mediante la informatización debe enfatizar el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- ✓ Perfeccionar la disponibilidad del equipo.
- ✓ Disminución de los costos de mantenimiento.
- ✓ Mejorar los recursos humanos, de la empresa.
- ✓ Incrementar exponencialmente de la vida útil de las máquinas. (pág. 1)

4.3. Definición de mantenimiento

Los resultados (Boucly & AENOR., 1998) indican que es *“conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida, estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión”*.

“Habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”. (S. G. Garrido, 2010)

4.4. Gestión de mantenimiento mediante GMAO

La Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), también conocido como CMMS (Maintenance Management System), consiste en utilizar aplicaciones informáticas que nos permitan mantener un control exhaustivo de todas las actividades de mantenimiento asociadas a los activos de una empresa. (Arco, 2020)

Las funciones principales de un GMAO son:

Gestión de la información relacionada con el mantenimiento, de manera que pueda ser accesible en el momento que sea requerida dicha información:

- ✓ Brindar la posibilidad de la planificación y control del mantenimiento

- ✓ Ingreso de información requerida dentro de la planificación
- ✓ Inspección y gestión de los procesos dentro de la empresa

Las ventajas que brinda un GMAO son:

- ✓ Mejora la planificación
- ✓ Permite aumentar la calidad y productividad de la empresa
- ✓ Mayor fiabilidad y disponibilidad de activos
- ✓ Información actualizada, mediante aplicaciones
- ✓ Fiabilidad de los procesos establecidos
- ✓ Informe en tiempo real de los gastos

Gestión de las operaciones con proveedores

4.5. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento ante fallo

Se le conoce de igual manera, como mantenimiento frente al daño efectuado, es decir los trabajos de reparación se realizan hasta que se dé un fallo, con la finalidad de permitir que la maquina opere normalmente al servicio que fue destinada. Este sistema tiene algunas desventajas:

- No indaga el origen de los daños
- El mantenimiento no se pronóstica, por lo tanto, no es planeado
- Los daños imprevistos podrían significar tiempos de parada y costos elevados de reparación
- Los imprevistos pueden causar accidentes a operarios y al personal.

Mantenimiento Correctivo

El autor (Arco, 2020) en su libro manifiesta que el mantenimiento correctivo “es el último eslabón de la cadena y el tipo de mantenimiento al que no se quiere llegar. Consisten en reparar o

sustituir componentes o sistemas de la máquina vehículo que han fallado y han provocado una avería de manera que funciona de forma defectuosa o, simplemente, ha dejado de funcionar”.

Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento que tiene por objeto, conservar el nivel de servicio operativo en los equipos, programando los trabajos de sus zonas vulnerables en el momento antes de lo requerido. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.(Iván Garijo, 2019, pág. 6)

Mantenimiento Predictivo

Pretende conocer e informar periódicamente el estado y funcionamiento de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. (Iván Garijo, 2019, pág.7)

Cero Horas (Overhaul)

Este mantenimiento pretende establecer un periodo de revisión de los equipos mediante intervalos previamente establecidos en un cronograma, el principal objeto es realizar las intervenciones anticipándose a la aparición de un fallo, aunque resulte un poco aventurado prevenir la capacidad productiva del equipo. Esta valoración de la máquina consiste en dejar al equipo a Cero horas de funcionamiento, como si estuviese empezando a funcionar en óptimas condiciones totalmente nuevas, en este tipo de trabajos se reemplazan o reparan los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (Iván Garijo, 2019, pág.7)

Mantenimiento en Uso

Conocido como uno de los mantenimientos elementales que se da a un equipo, generalmente es realizado por operarios de dicho equipo. Básicamente plantea una serie de actividades, donde no es necesario mantener conocimientos amplios sobre los equipos en este caso algunas de las actividades a realizar son: (tomas de datos, observación del equipo, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reajuste de tornillos), sino simplemente unas indicaciones y capacitaciones muy objetivas. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM.

4.6. Índices e indicadores de mantenimiento

La información generada mediante este método es tanto cuantitativos como cualitativos. Tener en cuenta los parámetros numéricos de la variable que afectan el proceso de mantenimiento de los equipos; además, mostrar las propiedades obtenidas como resultado de una operación determinada; estos factores permiten una evaluación óptima del desempeño sobre el mantenimiento y planificación de actividades de acuerdo con los objetivos y tareas establecidas por la unidad.

Confiabilidad

Es la facultad para realizar un encargo bajo condiciones dadas. Así mismo se puede determinar por medio de ecuaciones matemáticas la probabilidad de que los equipos funcionen y desempeñen de manera eficaz las tareas que se necesite realizar en un tiempo determinado.

(Torres Torres, 2016) indica que “la aplicación de las técnicas de confiabilidad permite conocer el comportamiento de los equipos en operación con el fin de:

- ✓ Apartar equipos o componentes defectuosos
- ✓ Asegurar el uso de medios para el mantenimiento
- ✓ Plantear políticas de mantenimiento
- ✓ Evaluar el momento óptimo para el reemplazo económico de equipos
- ✓ Determinar la frecuencia óptima para el mantenimiento preventivo programado

4.7. Medidas de confiabilidad

Función de confiabilidad

La confiabilidad se la obtiene mediante ecuaciones matemáticas que da como resultado la posibilidad de que el equipo funcione correctamente durante cierto periodo de tiempo, es decir; que no llegue a fallar, la ecuación 1 estima la función de confiabilidad:

$$R(t) = Pr\{\tau \geq t\}$$

Ecuación 1: Función de confiabilidad. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Donde:

$$R(0) = 1$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$$

Función de distribución de fallas acumuladas

La ecuación 2 muestra la probabilidad de que un componente falle antes de un tiempo predeterminado:

$$F(t) = 1 - R(t) = Pr\{\tau < t\}$$

Ecuación 2: Función de distribución de fallas acumuladas. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Donde:

$$F(0) = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$$

Función de densidad de probabilidad de fallas

Esta es la probabilidad de fallas que se da en un equipo por periodo de tiempo y se obtiene mediante la ecuación 3:

$$f(t) = \frac{d F(t)}{dt} = -\frac{d R(t)}{dt}$$

Ecuación 3: Función de densidad de probabilidad de fallas. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Función de tasa de falla

La función determina la eventualidad de que el componente se ejecute durante un intervalo de duración t y deje de ejecutarse en el intervalo $(t, t + dt)$, mediante la ecuación 4.

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

Ecuación 4: Función de tasa de falla. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Mantenibilidad

(Torres Torres, 2016) indica que “*es una medida muy importante que permitirá la predicción, evaluación y mejora de las decisiones respecto a la facilidad, precisión, seguridad y economía de todas las tareas relativas al mantenimiento de los sistemas durante su uso*”.

Función de mantenibilidad

Indica la probabilidad de que el equipo funcione correctamente en un momento especificado de mantenimiento o antes, y está dada por la ecuación 5:

$$M(t) = \int_0^t m(t) dt$$

Ecuación 5: Función de mantenibilidad. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Donde:

$m(t) =$ *funcion de distribucion de la variable aleatoria TTR*

Tiempo medio de recuperación, MTTR

Indica la función complementaria de la mantenibilidad de la variable aleatoria del área y se represente por TTR, dada por la ecuación 6:

$$E(TTR) = MTTR = \int_0^{\infty} [1 - M(t)] dt$$

Ecuación 6: Tiempo medio de recuperación, MTTR. (Toro, J., Céspedes, 2001)

Disponibilidad

De acuerdo con (Melo-González et al., 2009) la disponibilidad es la “probabilidad de que el equipo este operando satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables”.

Disponibilidad inherente o intrínseca

La ecuación 7 está basada únicamente en la distribución de fallas y tiempos de reparación:

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Ecuación 7: Disponibilidad inherente o intrínseca. (Mora, 2009)

Disponibilidad alcanzada

La disponibilidad alcanzada se puede denotar como un índice de regularidad de los mantenimientos planificados y no programados, indistintamente de los tiempos de demora.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

Ecuación 8: Disponibilidad alcanzada. (Mora, 2009)

Donde:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Ecuación 9: Tiempo medio entre mantenimientos. (Mora, 2009)

Donde:

$MTBM_c =$ Tiempo medio entre mantenimientos no planeados

$MTBM_p =$ Tiempo medio entre mantenimientos planeados

Para calcular el \bar{M} se usa la siguiente expresión

$$\bar{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Ecuación 10:Tiempo medio de mantenimiento activo. (Mora, 2009)

Donde:

$MTTR =$ Tiempo neto medio para realizar reparaciones o mantenimientos correctivos

$M_p =$ Tiempo neto medio para ejecutar mantenimientos planeados

$\bar{M} =$ Tiempo medio de mantenimiento activo

Disponibilidad operacional

La disponibilidad operacional se puede expresar como la observación de los tiempos de demoras administrativas o de recursos humanos y físicos, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$A_0 = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}'}$$

Ecuación 11:Disponibilidad operacional. (Mora, 2009)

Donde:

$\bar{M}' = MTTR + MDT + SDT$

$MDT =$ Tiempo medio de retraso en el mantenimiento

$SDT =$ Tiempo medio de retraso en el suministro de repuestos

Disponibilidad operacional generalizada

La disponibilidad operacional generalizada se puede aplicar a máquina con un prologado tiempo de funcionamiento; el cual, no general ninguna productividad.

$$A_{GO} = \frac{MTBM'}{MTBM' + \bar{M}'}$$

Ecuación 12: Disponibilidad operacional generalizada. (Mora, 2009)

Donde:

*MTBM' = Tiempo medio entre mantenimiento * la disponibilidad*

Fiabilidad

De acuerdo con (Solé, 2005) la fiabilidad *“es la probabilidad de que un aparato o dispositivo o una persona desarrolle una determinada función bajo condiciones fijadas durante un periodo de tiempo determinado, es decir, entre 0 y t”*.

4.8. Fichas de control

Documento que muestra las características técnicas o físicas de un producto o un servicio. Su función es guardar rastros e historias de todos los movimientos y eventos. De esta manera es más fácil controlar cuando es necesario y se mantiene un registro preciso. Entonces, cuando el usuario selecciona una página, esa página se activa y los controles que contiene pueden cambiar.

Valoración de la condición actual de la maquinaria

Introducción

En la siguiente sección, se plantea la valoración de la maquinaria pesada del departamento de obras públicas del GAD de Gualaceo, a través de un inventario se genera una tabla de datos para establecer la criticidad específica en cada equipo con la finalidad de realizar un enfoque en los sistemas de la maquinaria, para generar el plan de mantenimiento.

5. Ubicación del taller del GAD del Cantón Gualaceo

El departamento de talleres está ubicado en el casco urbano en el barrio San Francisco del Cantón Gualaceo en la Avenida 3 de noviembre entre Guayaquil y Quito a 204 metros del Río Santa Bárbara, a lado del Camal Municipal como se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración 2.

Ubicación del taller del GAD de Gualaceo



Nota. Adaptado de GOOGLE MAPS [Fotografía], por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, Cantón Gualaceo (<https://www.google.com/maps/place/Gualaceo/>).

Departamento de talleres del GAD de Gualaceo (DTGG)

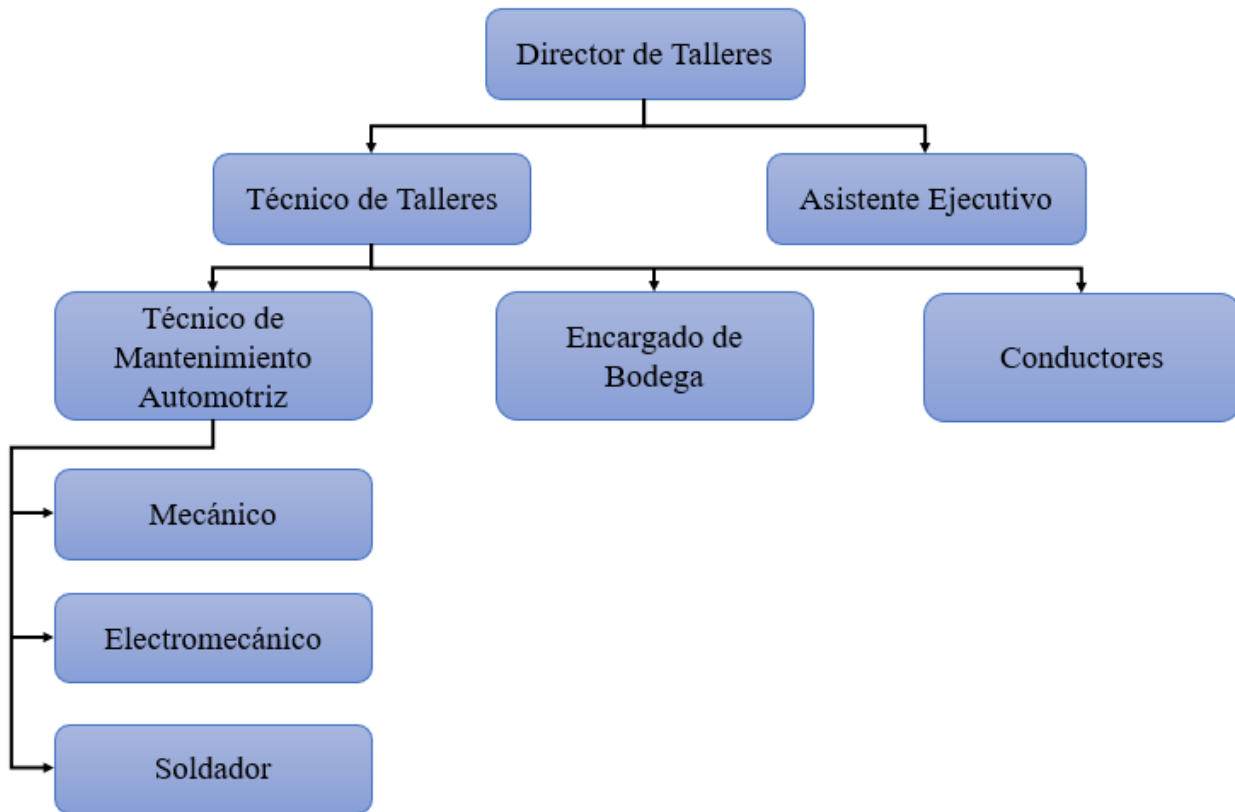
Es el encargado de realizar los diferentes mantenimientos a la maquinaria con la que cuenta el GAD, ya sean mantenimientos preventivos o correctivos.

Distribución del DTGG

Este departamento es el responsable de asegurar que cada servicio sea el correcto, así mismo que la maquinaria este reparada y lista para su uso adecuado. Este departamento incluye personal tanto administrativo como de taller, encabezado por el director de este, seguido del técnico de taller. La jerarquía completa se muestra en la Ilustración 3.

Ilustración 3.

Distribución del DTGG



Nota. En total son 27 personas que laboran en el DTGG cumpliendo con diferentes cargos dentro de este departamento.

Competencias del personal DTGG

Los integrantes de la división de talleres del GAD de Gualaceo realizan una función crucial en el interior de la estructura, optimizando mejor el trabajo a realizarse. Así mismo, se procede a describir los cargos y los deberes de estos puestos:

Director de Talleres: Administra el capital y operaciones de la estación de servicio automotriz (taller); así mismo, la dirección administrativa y de mantenimiento.

Técnico de talleres: Es responsable de crear, monitorear y dar seguimiento a los trabajos de mantenimientos realizados a la maquinaria.

Asistente ejecutivo: Brinda soporte al director de talleres administrando su itinerario. También, ayuda a planificar, organizar los documentos administrativos y operación.

Técnico de mantenimiento automotriz: Ejecuta las actividades de operación y asume la responsabilidad de informar sobre las operaciones realizadas.

Mecánico: Encargado de realizar tareas asignadas por el técnico de mantenimiento automotriz.

Electromecánico: Ejecuta trabajos eléctricos en la maquinaria del GAD de Gualaceo.

Soldador: Encargado de realizar actividades de soldadura en la maquinaria.

Conductor: Encargado de manejar las unidades del GAD de Gualaceo.

6. Identificación de la maquinaria del GAD de Gualaceo

La maquinaria pesada de la división de obras públicas del GAD de Gualaceo se encuentra conformada por 18 unidades, entre las cuales están: cinco volquetes, tres rodillos lisos, dos tractores, dos retroexcavadoras, dos motoniveladoras, una sola unidad de carga, mini cargadora, excavadora oruga, tanquero, como se especifica en la Tabla 2.

Tabla 2

Inventario del GAD de Gualaceo

N°	Placa	Tipo	Marca	Modelo	Año	Color
1	AMF-046	Volquete	Dimex	SA49540	1998	Blanco
2	AMF-007	Volquete	Hino	GH 500	2008	Amarillo
3	AMF-006	Volquete	Hino	GH 500	2008	Amarillo
4	AMF-032	Volquete	Hino	GH 500	2009	Amarillo
5	AMF-033	Volquete	Hino	FS 700	2009	Amarillo
6	AMA1553	Tanquero	Hino	GH8JM7A-XG3	2022	Blanco

7	S/N	Rodillo Liso	JCB	VM 115D	2007	Amarillo
8	S/N	Rodillo Liso	HAMM	3411	2015	Tomate
9	S/N	Rodillo Liso	HAMM	3411	2021	Tomate
10	S/N	Tractor de Oruga	Komatsu	D65E-6	1981	Amarillo
11	S/N	Tractor de Oruga	Komatsu	D65A	1975	Amarillo
12	S/N	Retroexcavadora	Komatsu	WB97R-5E0	2016	Amarillo
13	S/N	Retroexcavadora	Komatsu	WB97R-5E0	2021	Amarillo
14	S/N	Motoniveladora	Caterpillar	135H	2004	Amarillo
15	S/N	Motoniveladora	John Deere	670G	2015	Amarillo
16	S/N	Cargadora	Komatsu	WA250-5	2007	Amarillo
17	S/N	Mini cargadora	Bob Cat	S220	1998	Blanco
18	S/N	Excavadora de oruga	Komatsu	PC200LC-8	2009	Amarillo

Nota: La tabla indica el historial de la flota vehicular del GAD de Gualaceo

Constitución de la maquinaria pesada

El inventario con el que cuenta el departamento de obras públicas del GAD de Gualaceo está conformado por 18 unidades, subdivididas por el tipo de trabajo que realiza cada equipo, conformado como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3.

Inventario del tipo de maquinaria

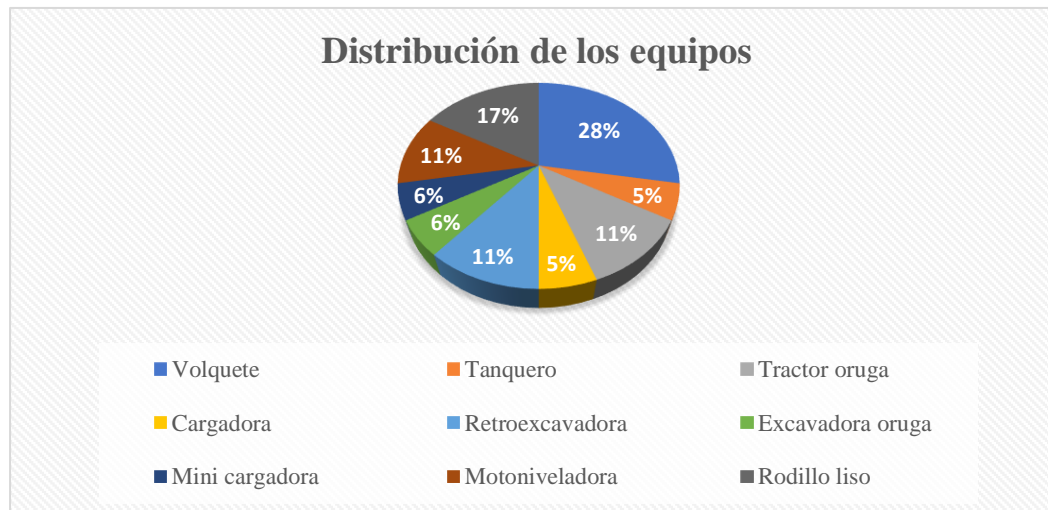
Tipo	Número
Volquete	5
Tanquero	1

Tractor oruga	2
Cargadora	1
Retroexcavadora	2
Excavadora oruga	1
Mini cargadora	1
Motoniveladora	2
Rodillo liso	3
Total	18

Nota: La tabla indica el inventario de la flota vehicular con la que cuenta el GAD de Gualaceo.

Ilustración 4

Distribución de los equipos del GAD de Gualaceo



Sistemas de la maquinaria a considerar

Se establecen los sistemas a considerar para el plan de mantenimiento, mediante los cuales se realizará un estudio de criticidad específicamente en cada maquinaria del GAD de Gualaceo.

Los cuales son:

- ✓ Sistema de Frenado
- ✓ Sistema de Suspensión
- ✓ Sistema de Dirección
- ✓ Sistema del Motor
- ✓ Sistema de Transmisión
- ✓ Sistema Hidráulico

Criterios de evaluación para la inspección visual de la maquinaria

Para determinar si un sistema de la maquinaria está en buenas, regulares o malas condiciones, depende de la valoración técnica de pruebas, pues la mayoría de las inspecciones se realizan de forma visual sin el uso de equipo de prueba (escáner de diagnóstico) para determinar su estado. En la tabla 4 se explica los criterios utilizados específicamente para realizar estas evaluaciones.

Tabla 4.

Criterios de evaluación para la inspección visual de la maquina

Parámetros	Consideraciones		
	Bueno	Regular	Malo
Sistema de Frenado			
Estabilidad al frenar	Estabilidad correcta del vehículo	Presenta una ligera pérdida en la precisión de frenado	Desvío a un lado al momento de aplicar presión al freno
Sistema de Suspensión			
Oscilaciones en asfalto	Neutraliza correctamente	Baja pérdida de fuerza de amortiguamiento	No neutraliza y bajo control de conducción
Oscilaciones en vías de tercer orden	Neutraliza correctamente	Baja pérdida de fuerza de amortiguamiento	No neutraliza y bajo control de conducción

Oscilaciones al frenar	Neutraliza correctamente	Baja perdida de fuerza de amortiguamiento	No neutraliza y bajo control de conducción
Sistema de Dirección			
Dureza	Movimiento normal	Grado leve de resistencia o muy sensible	Alta dureza con pérdida de capacidad al conducir
Presencia de sonidos	No existe ruidos	Ruido raro en medida aceptable	Sonido fuerte
Sistema del motor			
Fugas de aceite	No hay señales de fuga	Humedecimiento bajo	Fuga evidente o de goteo
Humo del motor	No hay presencia de humo	Humo en bajas proporciones cuando se prende el vehículo	Hay presencia de humo
Ruidos extraños	Ruido característico del funcionamiento	Ruido en menor proporción	Ruidos muy perceptibles
Ralentí estable	Genera vibraciones normales	Por encima del ralentí presenta vibraciones un poco fuertes	Por debajo del ralentí presenta vibraciones intensas (cascabeleo)
Sistema de Transmisión			
Agitación de la palanca en el punto medio	Agitación de modo normal	Agitación de modo regular	Agitación de modo exagerada
Patinaje del embrague	Funciona correctamente	Se siente patinaje al conducir	No permite movilizarse
Sonidos bruscos en el recorrido de la marcha	Sin sonidos extraños	Ruido raro en medida aceptable	Sonido fuerte en las marchas
Sistema Hidráulico			
Hermeticidad	Completamente hermético	Presencia de pequeñas fugas	Fuga evidente o de goteo
Cañearías	Íntegramente correctas	Poco flexibles o presentan agrietamientos	Presenta fisuras
Cilindros	Sin oxido, sujeciones en perfecto estado	Presencia de oxido, sujeciones con	Oxido presente a nivel del sistema y sujeciones

	con grasa en lugares adecuados	deficiente lubricación	parcialmente con fisuras
--	--------------------------------	------------------------	--------------------------

Nota. En esta tabla se estable los parámetros y criterios para la evaluación de cada uno de los sistemas vehiculares.

Plan de mantenimiento en los sistemas vehiculares

El plan de mantenimiento planteado para la maquinaria pesada del GAD de Gualaceo requiere en primera instancia la elección de criticidad para cada sistema que conforma el vehículo.

Análisis de criticidad en los sistemas vehiculares

Mediante la matriz de criticidad de la Tabla 5 se aplica en la complejidad de mantenimiento, el costo de adquisición de cada máquina, la verificación del estado de la maquinaria, disponibilidad de herramientas y el número de técnicos para realizar el trabajo. La siguiente matriz permite determinar el procedimiento que se debe seguir para efectuar el respectivo mantenimiento a la maquinaria.

Tabla 5.

Matriz de criticidad para los sistemas vehiculares (Estudiantes UPS)

Tipo de Equipo	Complejidad de mantenimiento	Costo de adquisición	Estado de la maquinaria	Disponibilidad herramientas	Técnicos
(A) Alto	Incidencia de complejidad alta	Incluyendo repuestos supera el 75% del costo de la máquina	Condiciones nocivas del equipo, casi inoperativo.	Requiere la ejecución de mantenimiento correctivo	De 3 a 4 técnicos
(B) Medio	Incidencia de complejidad media	Incluyendo repuestos entre el 30% y 50% del costo de la máquina	Condición operativa de la máquina, pero con una o dos fallas.	Requiere mantenimiento predictivo	De 2 a 3 técnicos

(C) Bajo	Incidencia de complejidad baja	Incluyendo repuestos por debajo del 10% del costo de la máquina	Óptimas condiciones	Realización de mantenimiento preventivo	De 1 a 2 técnicos
---------------------	--------------------------------	---	---------------------	---	-------------------

En la tabla 4 se visualiza los sistemas de la maquinaria con la matriz de criticidad correspondiente a cada una, igualmente de un patrón de mantenimiento recomendado.

Tabla 6.

Sistemas de la maquinaria con su patrón de mantenimiento (Estudiantes UPS)

Sistemas de la maquinaria	Matriz de Criticidad			Categoría	Mantenimiento	
	Tipos	1	2			3
Sistema de Frenado	Complejidad de mantenimiento			1	B	Modelo de mantenimiento correctivo
	Costo de adquisición		1			
	Estado de maquinaria		1			
	Disponibilidad de herramientas			1		
	Número de técnicos	1				
	Total	1	2	2		
Sistema de Suspensión	Complejidad de mantenimiento			1	A	Modelo de mantenimiento programado de disposición alta
	Costo de adquisición			1		
	Estado de maquinaria		1			
	Disponibilidad de herramientas			1		
	Número de técnicos		1			
	Total		2	3		
Sistema de Dirección	Complejidad de mantenimiento	1			B	Modelo de mantenimiento correctivo
	Costo de adquisición		1			
	Estado de maquinaria		1			
	Disponibilidad de herramientas		1			
	Número de técnicos		1			
	Total	1	4			
Sistema del Motor	Complejidad de mantenimiento			1	A	Modelo de mantenimiento programado de disposición alta
	Costo de adquisición			1		
	Estado de maquinaria		1			
	Disponibilidad de herramientas			1		
	Número de técnicos		1			
	Total		2	3		

Sistema de Transmisión	Complejidad de mantenimiento			1	A	Modelo de mantenimiento programado de disposición alta
	Costo de adquisición		1			
	Estado de maquinaria	1				
	Disponibilidad de herramientas			1		
	Número de técnicos		1			
	Total	1	2	2		
Sistema Hidráulico	Complejidad de mantenimiento			1	A	Modelo de mantenimiento programado de disposición alta
	Costo de adquisición			1		
	Estado de maquinaria		1			
	Disponibilidad de herramientas		1			
	Número de técnicos	1				
	Total	1	2	2		

Nota. Se realizará un estudio de criticidad de cada uno de los sistemas de la maquinaria puntuando como 1 en cada intervalo de los 5 tipos expuestos de acuerdo con el nivel de ponderación que se crea conveniente. Esto se cuantificó de manera general al estado de la maquinaria.

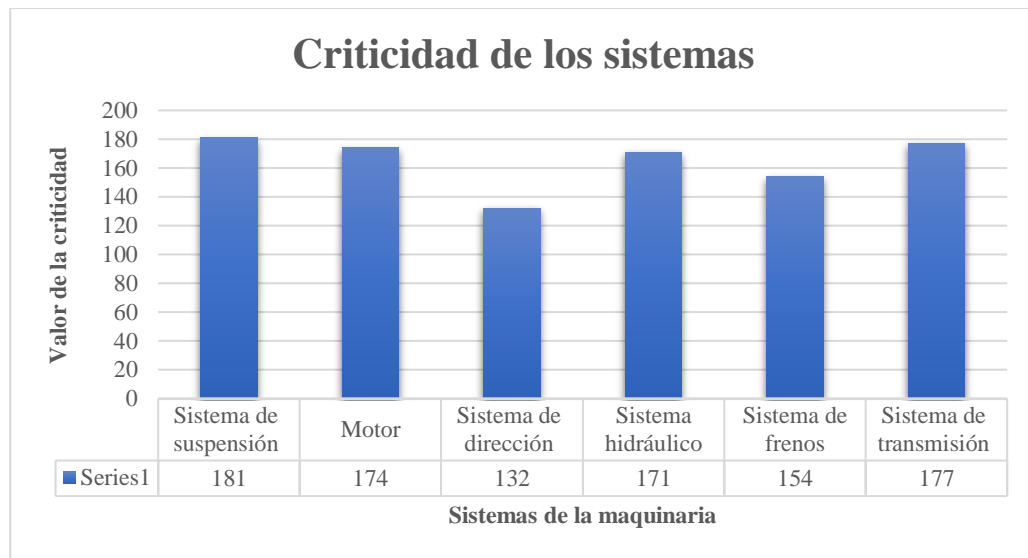
7. Plan de Mantenimiento para los Sistemas más críticos

En la realización del plan de mantenimiento, se revisan los planes de mantenimiento decretados por el fabricante y se basan sobre todo en los alcances que se obtienen mediante una investigación, como son los sistemas más críticos que cada fabricante a tener en consideración de cada máquina del GAD de Gualaceo, lo cual permite conocer exactamente qué acciones considerar al momento de plantear un plan de mantenimiento para incorporar información que permita saber las acciones a tomar en cuenta como parte de las actividades de mantenimiento.

En la Ilustración 5 se observa el valor de criticidad de los sistemas establecidos para efectuar el plan de mantenimiento en la maquinaria del GAD de Gualaceo.

Ilustración 5

Criticidad de los sistemas de la maquinaria del GAD de Gualaceo



Nota. Los valores establecidos se dan mediante los criterios de complejidad de mantenimiento, costo de adquisición de cada máquina, verificación del estado de la maquinaria, disponibilidad de herramientas y el número de técnicos para realizar el trabajo. Esto se realizó en cada sistema de la maquinaria, así mismo teniendo una puntuación en cada criterio de 1, 2 y 3, teniendo la ponderación total de cada maquinaria.

Indicadores de actividades

Estos indicadores ayudan a describir y resaltar las tareas que se realizarán dentro del plan de mantenimiento en cuanto a su importancia, como se plasma en la Tabla 7 y 8.

Tabla 7.

Guía de actividades para la realización del plan de mantenimiento (Estudiantes UPS)

Guía de actividades	
Indicador	Nomenclatura
Cambiar	C
Inspeccionar, limpiar, ajustar	A
Reparar, realizar	R
Engrasar/Lubricar	E

Tabla 8.

Código de colores para la guía de actividades (Estudiantes UPS)

Código de colores	
Importancia	Color
Muy importante	Red
Importante	Yellow
Poco importante	Green

Mantenimientos por kilometraje y/o horas

Conjunto de acciones que aumentan la confiabilidad y disponibilidad del equipo, alargando significativamente su vida útil. Los manuales de cada maquina ayudan a comprender mejor las actividades de mantenimiento de cada máquina del GAD de Gualaceo.

Por medio de los procedimientos de mantenimiento, se organizan adecuadamente las labores a realizar en los vehículos, ya que se planifican acciones por diferentes intervalos de kilometraje recorridos u horas de operación, dependiendo de la máquina que se esté analizando.

Periodos de mantenimiento

Con los resultados conseguidos en el análisis de criticidad de los sistemas de la maquinaria y recomendaciones del fabricante, se determinan las condiciones para el mantenimiento de la maquinaria perteneciente al GAD de Gualaceo. La Tabla 9 muestra los intervalos de mantenimiento proporcionados para cada tipo de vehículo. El intervalo para la maquinaria pesada se cuantifica en kilómetros y en horas.

Tabla 9.

Periodos de mantenimiento para la maquinaria del GAD de Gualaceo (Estudiantes UPS)

Tipo	Intervalo	Unidad
Maquinaria Pesada	5000-100000	Kilómetros
Maquinaria Pesada	50-2000	Horas

Propuesta del plan de mantenimiento para los sistemas más críticos

Las tablas de mantenimiento muestran la planificación de los espacios de tiempo específico, en kilometraje como en horas de trabajo, lo cual admitirá extender la vida útil de la maquinaria, reduciendo costos y teniendo un mejor control de cada mantenimiento que se realiza a los equipos.

En la Tabla 9 y 10 se representa el plan de mantenimiento para volquetas/tanqueros y retroexcavadora, según las guías de actividades y código de colores. Las tablas de mantenimiento de las otras máquinas se evidencian en anexos.

Tabla 10.

Plan de mantenimiento para Volquetas/tanquero

Volquetas/Tanquero																				
Plan de Mantenimiento																				
Operación por realizar (km) x 100	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Sistema de Suspensión																				
Revisar/Reemplazar amortiguadores		A		A		C						C						C		
Revisar estado barra estabilizadora			A			A			A			A			A			A		
Revisar/Reemplazar muelles de amortiguación					A					A					A					C
Revisar daños en la ballesta de hojas		A		A		A		A		A		A		A		A		A		A
Revisar/Reemplazar suspensión - daños	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C
Revisar fuga de aceite o daños en los amortiguadores	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C
Revisar pernos en U				A		A					A	A			A	A				
Reajustar suspensión delantera y posterior	R		R		R		R		R		R		R		R		R		R	
Revisar soportes de ballestas										A										A
Sistema de Motor																				
Reemplazar aceite de motor	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Revisar/Reemplazar bujías de precalentamiento					C					C					C					C
Revisar niveles de aceite	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Revisar compresión de cilindros										A						A				
Revisar condición de bandas de motor		A	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	C
Revisar/Reemplazar filtro ventilación cerrada del cárter (CCV)										A										C
Revisar gases del motor			A			A			A			A			A			A		
Revisar ruidos del motor				A				A				A				A				A
Reajuste de válvulas								R								R				
Sistema Hidráulico - Neumático																				
Realizar la purga de los tanques de aire	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Realizar el engrasado de chasis		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E

Realizar la limpieza del depurador de aire				A				A				A				A			A
Reemplazar aceite hidráulico												C							
Revisión del tanque de aire	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Revisión de los niveles de aceite hidráulico	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sistema de Transmisión																			
Reemplazar aceite caja de cambios								C										C	
Reemplazar filtro de aceite caja de cambios				C				C				C						C	C
Reemplazar aceite diferencial	C											C							
Revisar estado caja del eje posterior												A							
Revisar estado de transmisión	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Revisar eje del cardan			A			A			A			A			A			A	
Revisar fuga de aceite de engranaje diferencial	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Revisar fuga de aceite de caja de cambios	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Reemplazar juntas de eje		A		A		A		C		A		A		A		C		A	A
Revisar nivel de aceite caja de cambios		A		A		A		A		A		A		A		A		A	A
Verificar respiradero de la transmisión										R									

Tabla 11.

Plan de mantenimiento para Retroexcavadora

Retroexcavadora									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Suspensión									
Reemplazar el pin central de los bujes							A	A	C
Revisar estado barra estabilizadora				A	A		A		A
Inspeccionar válvula reguladora de presión					A				A
Inspeccionar válvula de presión					A				A
Inspeccionar válvula de cebado			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula antiretorno		A		A	A		A		A
Inspeccionar válvula de engrase	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula de carga			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar cilindros de suspensión				A	A			A	A
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor									R
Revisar condición de bandas de motor								A	A
Revisar bases de motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor			A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico									C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico				C	C		C		C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico			A	A	A	A	A	A	A
Revisar presión de la bomba hidráulica									R
Revisar mangueras del sistema hidráulico				A	A		A		A
Revisar válvula de mando de la presión de carga				A			A		
Revisar válvula limitadora de presión				A			A		
Revisar válvula de retención				A			A		
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión									C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión					C				C
Revisar nivel de aceite de la transmisión			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión			A	A	A	A	A	A	A

Elaboración del GMAO para la gestión del mantenimiento

Introducción

En este apartado se detalla el proceso para la elaboración del software, mediante el cual se realizará la gestión del plan de mantenimiento. De igual manera se indican cada una de las herramientas que brinda, la constitución de la base de datos específica para cada tipo de maquinaria y requerimiento de reparación en cada sistema previamente establecido en el capítulo 2.

8. Elaboración del GMAO

Para el proceso de gestión de mantenimiento se indaga sobre la posibilidad de establecer un software que brinde soportes para satisfacer la necesidad y demanda que las empresas necesitan en la actualidad para aquello en esta ocasión el módulo se enfocara principalmente en los trabajos de mantenimiento de distintos tipos de maquinaria pesada como se indica en la Tabla 3.

9. Lenguaje de programación del Software

JavaScript es el lenguaje de programación que permite brindar características interactivas en un sitio web (mediante la programación de eventos, formularios a los cuales se les puede dar un estilo dinámico, animaciones) etc. Es un lenguaje de programación de uso libre que permite tener la autoría y control de los eventos de almacenamiento de datos con la posibilidad de expandir más módulos de mantenimiento según la empresa lo requiera.

Este GMAO permite conocer la información del estado actual del equipo, historial de mantenimientos y programación de los futuros trabajos de mantenimiento mediante una ficha de identificación establecida por (Tipo de vehículo, Marca, Modelo, Placas, Codificación, Año, etc.), cada actividad o tarea de mantenimiento a cierto periodo recorrido (5000, 10 000, 15 0000 progresivamente hasta los 100000) kilómetros y horas de trabajo dependiendo del tipo de maquinaria.

Arquitectura del GMAO

El GMAO elaborado mediante Java Scribe posee cinco módulos los cuales son los Módulos de Gestión de Maquinaria, de Inventarios, Mantenimiento, Reportes de Mantenimiento y un Módulo de soporte de ayuda y consultas. La Ilustración 6 visualiza un esquema del GMAO con módulos que este software compone y en la Ilustración 7 se indica las interconexiones entre los módulos para el funcionamiento del programa.

Ilustración 6

Arquitectura del GMAO

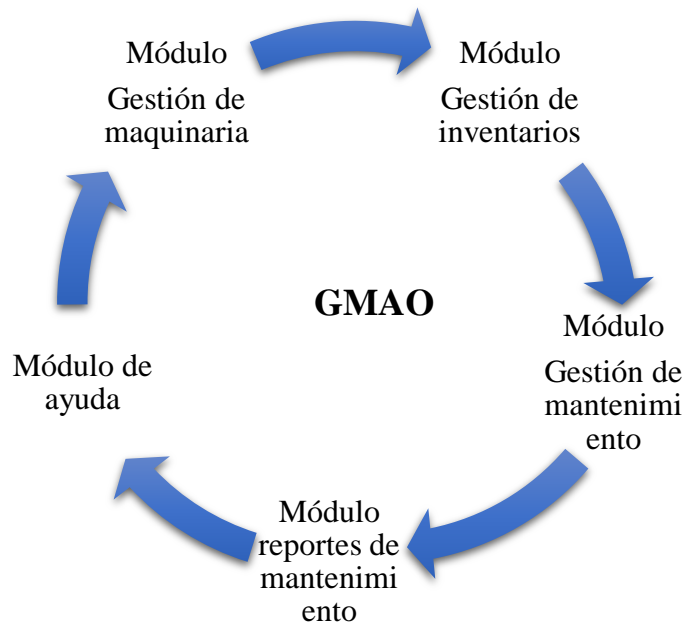
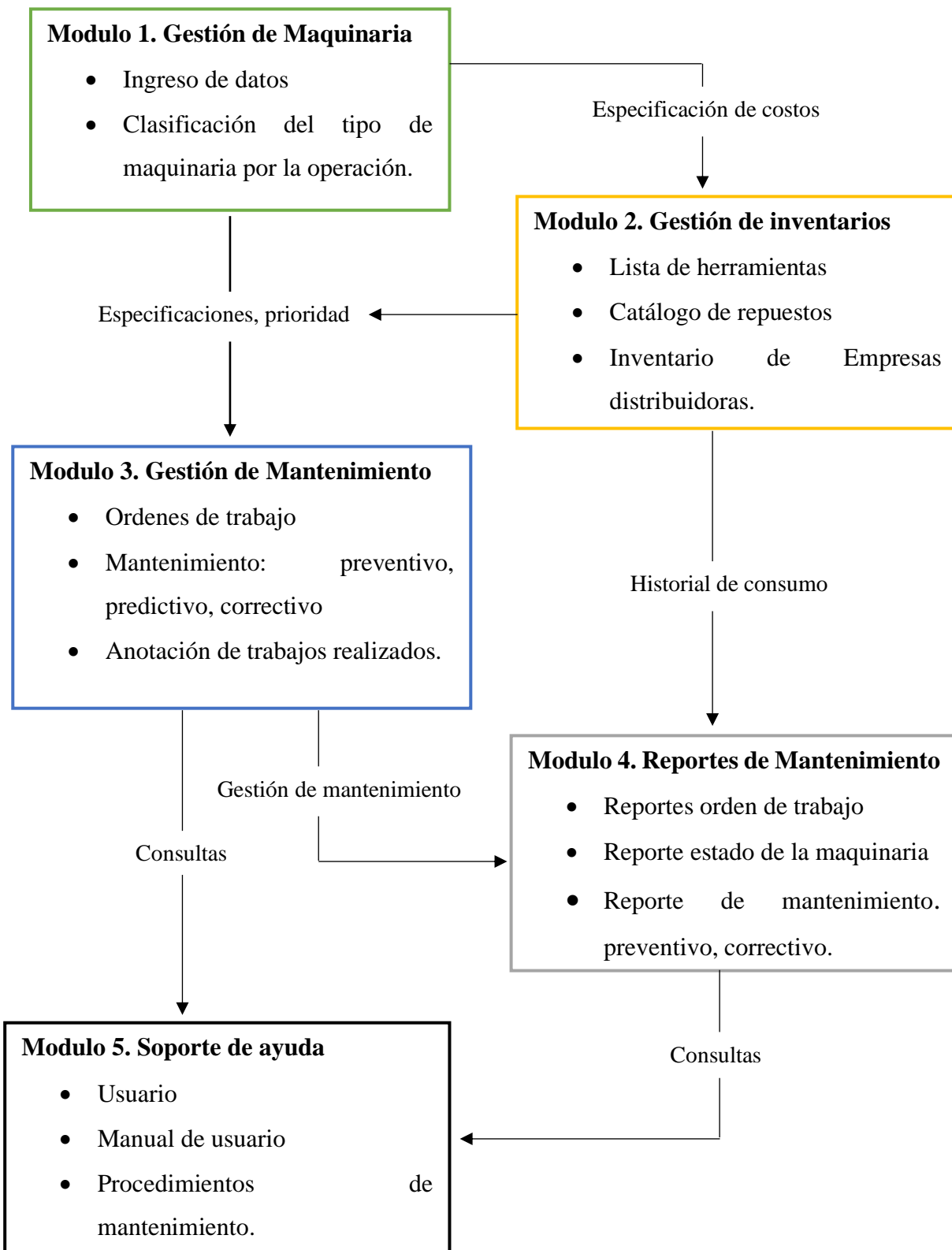


Ilustración 7

Estructura del Software



Nota: Cada módulo que forma parte del esquema de interconexión es fundamental para el funcionamiento del programa. La gestión parte de los datos que puede brindar el módulo uno para desde este punto realizar los inventarios y gestionar el mantenimiento según la importancia en los módulos dos y tres, finalmente el módulo cuatro será el que llevar a cabo los reportes de mantenimiento y almacenará los datos de los trabajos realizados, sin dejar pasar por alto la importancia de la existencia del módulo cinco como gestor de ayuda para el usuario del programa.

Objetivos del programa

- ✓ Gestión de los departamentos
- ✓ Conservar la operatividad y vida útil de los equipos
- ✓ Controlar debidamente los procesos planificados de mantenimiento
- ✓ Generar reportes de trabajo de cada maquinaria
- ✓ Soporte de ayuda, con los manuales en algunos sistemas

Funcionamiento del programa

Este apartado especifica el proceso a seguir para el correcto manejo del programa por parte del usuario que utilice el software.

Inicio de sesión

En la ilustración 8 se puede observar la ventana de registro de usuario e inicio de sesión, para ello se deberá registrar previamente, con los datos que en la pestaña se soliciten como: nombres, apellidos y email, una vez que el ordenador valide los datos podrá iniciar al uso del programa con un usuario y contraseña.

Ilustración 8

Inicio de sesión en el GMAO



The image shows a registration form titled "Crear una nueva cuenta". At the top left is a logo consisting of three curved lines forming a circle. Below the title, there is a link: "¿Ya tienes una cuenta? [Iniciar sesión](#)". The form contains four input fields: "Nombre", "Apellido", "E-mail", and "Contraseña". The "Contraseña" field has a small eye icon to its right. At the bottom of the form is a blue button labeled "Crear cuenta".

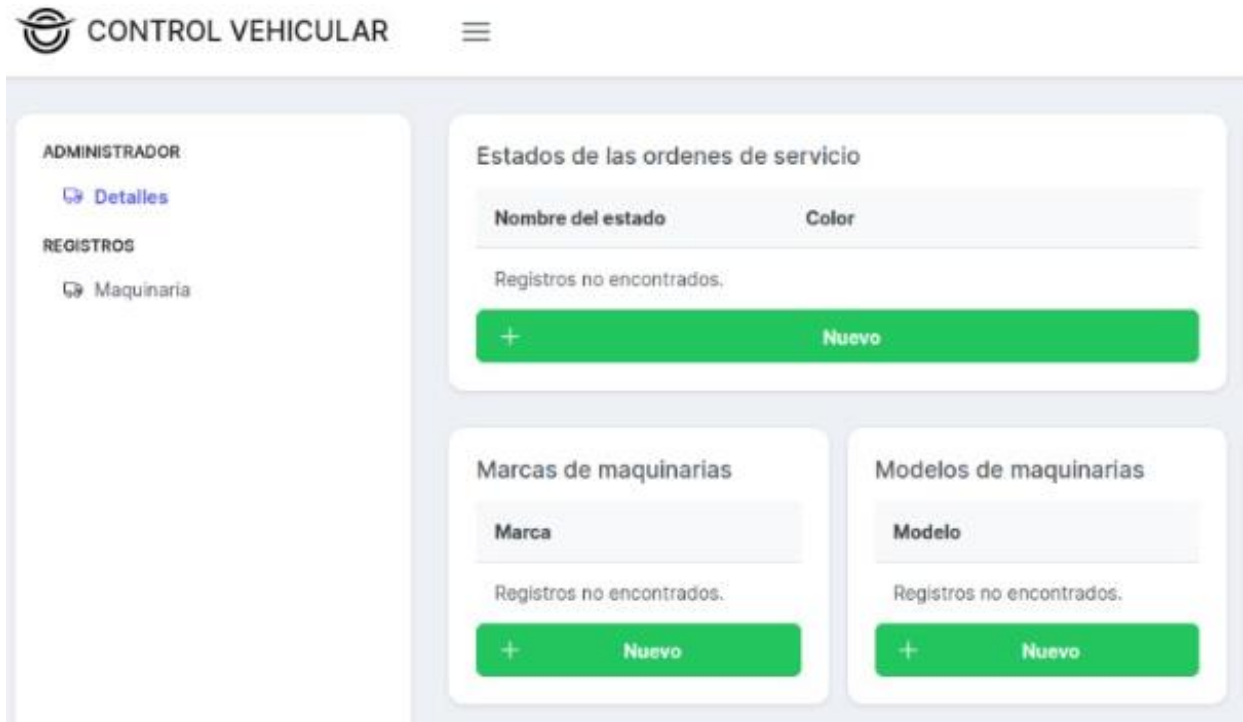
Menú principal

El menú principal especifica los módulos con los que cuenta el GMAO en este caso el módulo principal de acceso al historial de los vehículos de maquinaria pesada, de la misma manera el módulo de registros de trabajo y seguimiento de las ordenes de trabajo.

En este menú se puede observar todos los módulos previamente esquematizados en las ilustraciones 6 y 7 con la finalidad de brindar la interactividad del GMAO, y permitir el uso de la interfaz al usuario, desde este punto parte el proceso de gestión de en cada departamento en lo que respecta a la automatización y optimización en los procesos de gestión de mantenimiento del GAD de Gualaceo. En la ilustración 9 se puede observar el menú principal del software, desde la pestaña de registros se apertura los datos para el uso de cada uno de los módulos, y generar las ordenes de servicio.

Ilustración 9

Menú principal



Ordenes de trabajo

El programa busca optimizar y almacenar en la nube los datos de los mantenimientos que se realizan en cada máquina. La orden de trabajo establece el requerimiento de la maquina y el técnico deberá cumplir dicha orden en función al plan de mantenimiento previamente establecido. A continuación, se observa una orden de trabajo de manera convencional en la ilustración 10, sin embargo, al momento con la ayuda del programa se logró establecer dicha orden en el GMAO para generar los trabajos y llevar el registro de estos, para ello en la ilustración 11 se puede observar como registrar un trabajo de mantenimiento luego de la ejecución de la orden previamente establecida en el software.

Ilustración 10

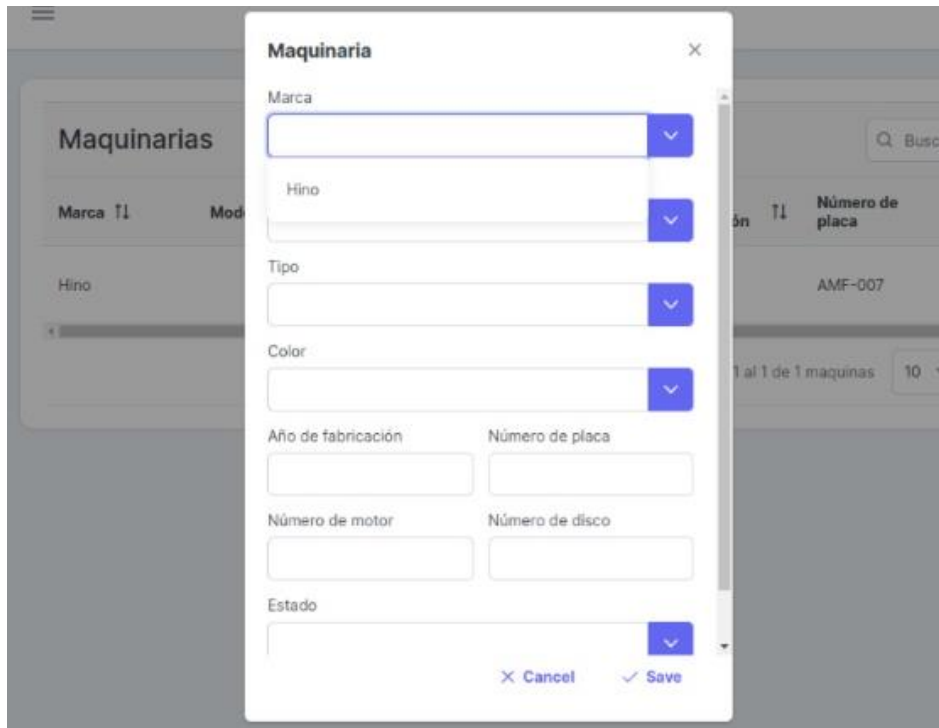
Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO PARA MAQUINARIA							
GAD MUNICIPAL GUALACEO				ORDEN Nro.			
				MECANICO MUNICIPAL.			
				TÉCNICO			
FECHA		HR.		PLACA		Gata	
CONDUCTOR		S.M.		TIPO		Palanca	
LUGAR		REF 1		MARCA		Llave de ruedas	
REGISTRO		REF2		MODELO		Radio	

NOVEDADES VISUALES ENCONTRADAS EN EL EQUIPO	
	

Ilustración 11

Registro de mantenimiento



Maquinaria

Marca

Hino

Tipo

Color

Año de fabricación Número de placa

Número de motor Número de disco

Estado

10. Conclusiones:

Mediante la recopilación bibliográfica referente a maquinaria pesada en textos e investigaciones de titulación con cierto parecido, documentos que justifican conceptos claros de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), tipos de mantenimiento, índices e indicadores de mantenimiento y fichas de control; se pudo instaurar las bases más importantes a fin de proponer un plan de mantenimiento para la maquinaria del GAD de Gualaceo.

Se identificó la maquinaria del GAD de Gualaceo que está a asistido por el departamento de obras públicas, que cuenta con 18 unidades, en las cuales se realizaron valoraciones técnicas con criterios de evaluación, determinando el estado de los sistemas que conforma cada máquina, de los cuales los sistemas que se establecieron para realizar un análisis de criticidad conformados por el sistema de frenado, suspensión, dirección, motor, transmisión e hidráulico. Esto permite conocer que acciones considerar como parte de las labores de mantenimiento; en un periodo de mantenimiento, que se lo realiza por kilometraje o por horas de trabajo. Mediante la investigación que se ha realizado, se determinó que los sistemas más críticos conforman el sistema de suspensión, motor, hidráulico y transmisión; así mismo se representa en cada tabla el plan de mantenimiento según los indicadores de actividades y códigos de color que permite conocer el grado de prioridad al momento de realizar mantenimientos a la maquinaria; mismos que mediante una planificación concreta permitirán extender el ciclo de vida de la maquinaria, alcanzando un mejor control en cada mantenimiento y reduciendo costos.

Se creó un sitio web (GMAO) de uso libre que permite al GAD de Gualaceo tener el control de los eventos de almacenamiento de datos de las acciones de mantenimiento para cada una de la maquinaria con la que cuentan, así mismo tener en consideración cada uno de los historiales que puedan ser analizados para que en un futuro puedan mejorar el plan de mantenimiento propuesto

mediante fichas de identificación. Este sitio permitirá el ingreso de manera directa a los empleados del GAD mediante un enlace y a su vez deberán crear una cuenta para poder ingresar al sistema, en donde encontrarán módulos específicos que ayudaran a dar seguimiento a las órdenes de trabajo y dar mantenimiento a la maquinaria en un período tiempo determinado para que estos equipos se encuentren siempre funcionales y se pueda ampliar la vida útil.

11. Recomendaciones

Se recomienda al GAD del cantón Gualaceo la consumación del plan de mantenimiento propuesto, pues el software está establecido específicamente para las maquinarias que pertenecen al departamento de obras públicas. Esto le permitirá a dicho departamento mantener la disponibilidad y operatividad de todas las maquinarias.

Es recomendable capacitar a los técnicos, y ayudantes de mecánica para la práctica de encargos de mantenimiento, de la misma manera sobre el correcto uso de los manuales y módulos de gestión del GMAO para de esa manera llevar su correcto uso y que realmente le sirva como una herramienta y medio de gestión al GAD cantonal, para la ejecución de obras.

Ante cualquier circunstancia o fallo de la página WEB es importante notificar al soporte técnico en el módulo de ayuda para que sea el mismo programa el que se encargue de notificar al administrador, y solventar las necesidades de manera inmediata.

Para futuras investigaciones e implementación de GMAO es pertinente considerar la posibilidad de trabajar con lenguajes de programación como Java Scribd, o superior para facilitar el uso de estos programas en la Web, y ampliar la posibilidad de que dicho software funcione a futuro como una aplicación en todas las tiendas de dispositivos móviles ya sea de Android o Apple.

12. Bibliografía:

Arco, Ó. V. (2020). *Proyecto de implantación de GMAO en la Universidad Politécnica de Valencia*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/143064>

Boucly, F., & AENOR., A. E. de N. y C. (1998). *Gestión Del Mantenimiento*. Aenor. <https://books.google.co.ve/books?id=tfm3AAAACAAJ>

Garijo Fernández Bernardo Tormos Martínez Santiago Molina Alcaide, I. (2019). *Definición del mantenimiento e instrumentación de una sala de ensayos de un motor monocilíndrico de investigación*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/130528>

Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=garrido+2010+mantenimiento&ots=UfFfWovK0p&sig=ZDm4-kPHus7145RGFEY_gcu6rVo

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Diaz de santos.

Lucía, J., Mantenimiento, F. E., & 1990, undefined. (n.d.). Criterios para la información de la gestión del mantenimiento. *Mantenimientoplanificado.Com*. Retrieved October 27, 2022, from http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_software_mantenimiento_archivos/CRITERIOS%20PARA%20LA%20INFORMACION%20DE%20LA%20GESTI%C3%93N%20DEL%20MANTENIMIENTO.pdf

Melo-González, R., Lara-Hernández, C., & Jacobo-Gordillo, F. (2009). Estimación de la confiabilidad-disponibilidad-mantenibilidad mediante una simulación tipo Monte Carlo de

un sistema de compresión de gas amargo durante la etapa de ingeniería. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 24(2), 93–104.

Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento-planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor.

Rondón, F. P. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33276>

Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*.

<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=zyYz3HkcdXoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=definici%C3%B3n+de+mantenimiento&ots=uCYqQvHocf&sig=1HxfS54Z-VEqp0zzzkZSl3F2g44>

Solé, A. C. (2005). *Fiabilidad y seguridad: su aplicación en procesos industriales*. Marcombo.

Toro, J. , Céspedes, P. (2001). Metodología para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en mantenimiento. *Notas, Universidad EAFIT*.

Torres Torres, C. F. (2016). *Desarrollo de metodología para la implementación de Índices de Mantenimiento Cmd para Sistemas Ferroviarios*

[[Http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12129](http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12129), Universidad Politécnica Salesiana].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12129>

13. ANEXOS

Planes de mantenimiento de los sistemas más críticos de la maquinaria del GAD de Gualaceo

Tabla 12.

Plan de mantenimiento para Rodillo Liso

Rodillo Liso									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor	C		C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor	C		C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor									R
Revisar condición de bandas de motor					A				A
Revisar bases de motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor	A		A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico									C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico				C	C		C		C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar presión de la bomba hidráulica					R				R
Revisar mangueras del sistema hidráulico					A				A
Revisar válvula de mando de la presión de carga		A			A		A		
Revisar válvula limitadora de presión		A			A		A		
Revisar válvula de retención		A			A		A		
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión									C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión				C	C		C		C
Revisar nivel de aceite de la transmisión	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión	A		A	A	A	A	A	A	A

Tabla 13.

Plan de mantenimiento para Tractor de Oruga

Tractor de Oruga									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Suspensión									
Reemplazar el pin central de los bujes							A	A	C
Revisar estado barra estabilizadora			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula reguladora de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de cebado			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula antiretorno				A			A		
Inspeccionar válvula de engrase	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula de carga			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar cilindros de suspensión					A			A	A
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor			R						R
Revisar condición de bandas de motor								A	A
Revisar bases de motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor			A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico					C				C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico					C				C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico			A	A	A	A	A	A	A
Revisar presión de la bomba hidráulica					R				R
Revisar mangueras del sistema hidráulico					A				A
Revisar válvula de mando de la presión de carga					A				A
Revisar válvula limitadora de presión					A				A
Revisar válvula de retención					A				A
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión			C		C				C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión			C		C				C
Revisar nivel de aceite de la transmisión			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión			A	A	A	A	A	A	A

Tabla 14.

Plan de mantenimiento para Excavadora de Oruga

Excavadora de Oruga									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Suspensión									
Reemplazar el pin central de los bujes							A	A	C
Revisar estado barra estabilizadora			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula reguladora de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de cebado			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula antiretorno				A			A		
Inspeccionar válvula de engrase	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula de carga			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar cilindros de suspensión					A			A	A
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor			R						R
Revisar condición de bandas de motor					A				A
Revisar bases de motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor			A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico					C				C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico					C				C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico			A	A	A	A	A	A	A
Revisar presión de la bomba hidráulica					R				R
Revisar mangueras del sistema hidráulico							R		R
Revisar válvula de mando de la presión de carga					A				A
Revisar válvula limitadora de presión							A		
Revisar válvula de retención					A				A
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión					C				C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión					C				C
Revisar nivel de aceite de la transmisión			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión			A	A	A	A	A	A	A

Tabla 15.

Plan de mantenimiento para Motoniveladora

Motoniveladora									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Suspensión									
Reemplazar el pin central de los bujes					A		A		C
Revisar estado barra estabilizadora			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula reguladora de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de cebado			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula antiretorno				A			A		
Inspeccionar válvula de engrase	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula de carga			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar cilindros de suspensión					A			A	A
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor							R		
Revisar condición de bandas de motor							A		A
Revisar bases de motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor			A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico					C				C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico					C				C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico				A	A		A		A
Revisar presión de la bomba hidráulica					R				R
Revisar mangueras del sistema hidráulico									R
Revisar válvula de mando de la presión de carga					A				A
Revisar válvula limitadora de presión				A	A		A		A
Revisar válvula de retención					A				A
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión					C				C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión					C				C
Revisar nivel de aceite de la transmisión				A	A		A		A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión			A	A	A	A	A	A	A

Tabla 16.

Plan de mantenimiento para Minicargador

Minicargador									
Plan de Mantenimiento									
Operación a realizar (horas)	50	100	250	500	1000	1250	1500	1750	2000
Sistema de Suspensión									
Reemplazar el pin central de los bujes				A	A		A		C
Revisar estado barra estabilizadora			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula reguladora de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de presión				A	A		A		A
Inspeccionar válvula de cebado			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula antiretorno				A			A		
Inspeccionar válvula de engrase	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar válvula de carga			A	A	A	A	A	A	A
Inspeccionar cilindros de suspensión					A			A	A
Sistema de Motor									
Reemplazar aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Reemplazar filtro de aceite de motor			C	C	C	C	C	C	C
Revisar niveles de aceite en todos los compartimentos	A		A	A	A	A	A	A	A
Revisar y ajustar holgura de válvulas de motor							R		
Revisar condición de bandas de motor					A				A
Revisar bases de motor			A	A	A				A
Revisar abrazaderas y ductos de admisión del motor			A	A	A	A	A	A	A
Revisar fugas de aceite de motor			A	A	A	A	A	A	A
Sistema Hidráulico									
Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas			A	A	A	A	A	A	A
Limpiar enfriador del aceite hidráulico				A	A		A		A
Reemplazar aceite hidráulico					C				C
Reemplazar filtro de aceite hidráulico					C				C
Revisar fugas de aceite en el sistema hidráulico				A	A		A		A
Revisar presión de la bomba hidráulica					R				R
Revisar mangueras del sistema hidráulico									R
Revisar válvula de mando de la presión de carga					A				A
Revisar válvula limitadora de presión				A	A		A		A
Revisar válvula de retención					A				A
Sistema de Transmisión									
Reemplazar aceite de transmisión					C				C
Reemplazar filtro de aceite de transmisión					C				C
Revisar nivel de aceite de la transmisión				A	A		A		A
Revisar fugas de aceite en el sistema de transmisión			A	A	A	A	A	A	A

