



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DESARROLLO DE HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA GESTIÓN DEL PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MONTACARGAS EN LA EMPRESA SERVIRICAURTE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTORES: Leonardo Alfredo Ricaurte Rodríguez

José Luis Ricaurte Rodríguez

TUTOR: Ing. Genaro Eliceo Díaz Solís.

Guayaquil – Ecuador

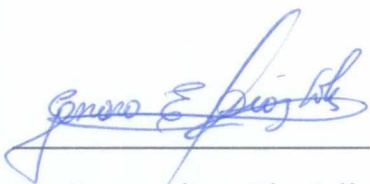
2023

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Genaro Eliceo Díaz Solís, con documento de identificación N°0912186467, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “**DESARROLLO DE HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MONTACARGAS EN LA EMPRESA SERVIRICAURTE**”, realizado por Leonardo Alfredo Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789791 y José Luis Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789973, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Artículo Científico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Genaro Eliceo Díaz Solís
0912186467

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Leonardo Alfredo Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789791 y José Luis Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789973 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.

Guayaquil, 28 de septiembre del año 2023

Atentamente,



LEONARDO RICAURTE RODRIGUEZ

0951789791



JOSÉ LUIS RICAURTE RODRIGUEZ

0951789973

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

Nosotros, Leonardo Alfredo Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789791 y José Luis Ricaurte Rodríguez con documento de identificación N°0951789973, 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 Artículo Científico: **“DESARROLLO DE HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MONTACARGAS EN LA EMPRESA SERVIRICAURTE”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Industrial, 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.

Guayaquil, 28 de septiembre del año 2023

Atentamente,



LEONARDO RICAURTE RODRIGUEZ

0951789791



JOSÉ LUIS RICAURTE RODRIGUEZ

0951789973

DESARROLLO DE HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA GESTIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MONTACARGAS EN LA EMPRESA SERVIRICAURTE.

Autores: José Luis Ricaurte Rodríguez, Leonardo Alfredo Ricaurte Rodríguez.

Ingeniería Industrial. Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador

jricaurter@est.ups.edu.ec – lricaurter@est.ups.edu.ec

RESUMEN

El mantenimiento es un proceso importante para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria. En los primeros años que se empezaron a ejecutar procedimientos de mantenimiento, estos se enfocaban en corregir fallas que ya se habían presentado, lo cual se conoce en la actualidad como mantenimiento correctivo, sin embargo, con el pasar del tiempo apareció el mantenimiento predictivo, el cual se basa en aplicar los procedimientos respectivos con la finalidad de evitar que se presenten fallas. Este trabajo académico buscó llevar el mantenimiento predictivo más allá, haciéndolo un proceso más eficiente, a través del diseño de una herramienta virtual que permite gestionarlo de manera ágil y oportuna. Este sistema de mantenimiento se aplicó para una flota de montacargas de una empresa que brinda servicios a través de estos vehículos. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el método exploratorio y experimental. Finalmente, se probó la herramienta virtual en la gestión del mantenimiento predictivo de la empresa, obteniendo como resultado un proceso más eficiente, se redujeron considerablemente los tiempos de estado inactivo de los montacargas, los vehículos presentaron cada vez menos fallas y en general, los accidentes e incidentes con los montacargas disminuyeron en un importante porcentaje, con respecto a cuando se llevaba a cabo el proceso de mantenimiento de la forma convencional.

Palabras Clave- Mantenimiento, montacargas, predictivo, herramienta virtual, gestión.

ABSTRACT

Maintenance is an important process to ensure proper functioning of machinery. In the first years that maintenance procedures began to be carried out, they focused on correcting failures that had already occurred, which is currently known as corrective maintenance; however, as time went by, predictive maintenance appeared, which is based on applying the respective procedures to prevent failures from occurring. This academic work sought to take predictive maintenance further, making it a more efficient process, through the design of a virtual tool that allows it to be managed in an agile and timely manner. This maintenance system was applied to a fleet of forklifts of a company that provides services through these vehicles. For the development of this work, the exploratory and experimental method was used. Finally, the virtual tool was

tested in the management of the company's predictive maintenance, resulting in a more efficient process, the inactive state times of the forklifts were considerably reduced, the vehicles presented fewer and fewer failures and, in general, accidents and incidents with forklifts decreased by a significant percentage compared to when the maintenance process was carried out in the conventional way.

Keywords- Maintenance, forklift, predictive, virtual tool, management.

GLOSARIO

A. MONTACARGAS

Máquina móvil que utiliza el contrapeso para levantar y desplazar objetos muy pesados. Consta de dos barras paralelas llamadas horquillas, de separación modificable, que suben y bajan guiadas por un mástil vertical. La separación de las horquillas permite acceder a diferentes tipos de pallets, según se requiera. Estos vehículos tienen usualmente la propulsión en sus ruedas delanteras, mientras que las posteriores son las que giran para brindar dirección.

B. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Consiste en la revisión sistemática de equipos para evitar daños causados por uso, desgaste o culminación de la vida útil de sus componentes. La principal finalidad del mantenimiento preventivo es la de evitar fallas mediante la revisión sistemática de las diferentes partes de una maquinaria, para conocer el estado en que se encuentran y adecuarlas para que su vida útil se extienda.

C. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)

Conocer el proceso, recopilar información de fallas y qué causan estas fallas. Este análisis permite reducir costos de mantenimiento y evita accidentes asociados a errores mecánicos.

D. RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)

Mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología para la elaboración de planes de mantenimiento de todo tipo. Es

utilizado para ejecutar correctamente las tareas de mantenimiento, análisis de riesgos en equipos, jerarquizar la importancia de componentes en relación con su necesidad de mantenimiento y detectar oportunidades para mejorar procesos.

E. COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM

Software que recopila información del estado de una máquina, para facilitar y en algunos casos automatizar los planes de mantenimiento.

F. INTERNET OF THINGS

Es el proceso o conjunto de procesos que permiten la interconexión de objetos cotidianos con dispositivos informáticos para su manejo a través de la red de internet.

G. INDUSTRIA 4.0

Conocida como la cuarta revolución industrial, la industria 4.0 incluye la conexión de datos en tecnologías industriales, de manera que la información llegue al operador de manera automatizada.

IV. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento siempre ha sido un factor considerado para disminuir el riesgo de fallas en maquinaria, sin embargo, desde épocas pasadas, se lo ejecutaba de manera poco sistemática, desorganizada e incluso empírica. Esto por supuesto no ha sido lo más recomendable, y como resultado, los equipos terminaban sufriendo daños a nivel mecánico, temperatura, presión, entre otros factores.

Otro aspecto que también ha aportado al deterioro de cualquier tipo de maquinaria es el uso indebido o mal uso de esta, lo cual, de hecho, ha sido una de las principales causas de incidentes y accidentes.

A inicios del siglo XIX, se realizaron los primeros procedimientos de mantenimiento mecánico automotriz del tipo correctivo en autos de la época [1].

Precisamente durante esta época, las empresas dedicadas a la producción de vehículos automotores empezaron a crecer con más fuerza, aparecieron entre las más destacadas, Ford y Peugeot. Lamentablemente, el área de mantenimiento no se había desarrollado lo suficiente, lo único que se realizaba eran mantenimientos correctivos cuando los automotores sufrían alguna falla, esto bajaba la confiabilidad de los vehículos, y no se podía garantizar la seguridad del conductor [2].

Al no ser tan seguros los primeros vehículos, por supuesto empezaron a causar accidentes, así es como también estuvieron en auge las compañías de aseguradoras, las cuales eran cada vez más exigentes con los cuidados que debían recibir los automóviles, todo lo anterior favoreció a que surjan los talleres mecánicos [1].

El tiempo pasaba y no es sino hasta 1925 cuando la industria automotriz identifica que es necesario tecnificar el mantenimiento de vehículos y reducir el riesgo de fallos mecánicos, a través de la ejecución de procedimientos en los automotores, que tenían la finalidad de realizar pequeñas correcciones antes de que se presenten los fallos, esto es lo que se entiende actualmente como mantenimiento preventivo [1].

Los avances tecnológicos favorecieron enormemente al desarrollo de este tipo de mantenimiento, pues surgió la idea de que las diferentes partes de un vehículo tenían un tiempo de vida útil y que se debían reemplazar cuando este tiempo se cumpliera, lo cual se realizaba a manera de prevención y por otro lado, el progreso de la electrónica, ayudó al desarrollo de actividades de mantenimiento enfocadas en el monitoreo del estado de las piezas, a manera de predicción de futuras fallas [2].

El hecho de no tener sistematizado y tecnificado el proceso de mantenimiento, aumenta el riesgo de sufrir tiempos improductivos debido a que cierta maquinaria requiera mantenimiento correctivo y por supuesto, el tiempo que no pueda estar operativa hasta que se corrija el problema, se traduce en pérdidas para una empresa.

En este sentido, hay que entender que el mantenimiento no solo se centra en la parte correctiva, es decir, cuando ya se presentó la falla, sino que también puede ayudar a que dichas fallas disminuyan, anticipándose a que sucedan, para lo cual existe el mantenimiento preventivo, con el cual de hecho se puede ir más allá, pudiendo alcanzar lo que actualmente se conoce como mantenimiento predictivo.

Lo anterior se logra implementando un adecuado sistema de gestión de los recursos, siendo una parte importante de dicha gestión, el diseño e implementación de un plan de mantenimiento en todos los niveles, siendo el principal el preventivo, la idea es evitar llegar a un mantenimiento correctivo que por supuesto, incurrirá en mayores gastos y mayor uso de recursos [3].

Una parte fundamental en toda industria es el departamento de mantenimiento. Ellos se encargan de la elaboración y ejecución de planes para mantener en funcionamiento todas las máquinas que intervengan en los diferentes procesos de producción y así evitar inconvenientes que signifiquen paradas no planificadas que provoquen atrasos en los tiempos de producción.

Para este fin, es necesario recoger la información de las máquinas de manera que se ejecuten las acciones del plan de manera puntual. En el caso de los montacargas, los operarios son los encargados de informar el tiempo de uso de los vehículos y llevar un registro. Tanto, problemas en la comunicación, o simplemente que por descuido el operario informe de manera incorrecta este dato puede conllevar daño en

la maquinaria y atrasos en la producción.

Uno de los mejores sistemas que existen para el mantenimiento de equipos automotores, tomando en cuenta que estamos en la época de la industria 4.0 y el famoso “*internet of things*”, es el GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), también conocido en inglés como CMMS (Computerized Maintenance Management System), el cual se traduce como Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado.

Se propone por tanto el desarrollo de una herramienta virtual para la gestión del plan de mantenimiento preventivo de montacargas, de manera que la información requerida para ejecutar el plan de mantenimiento sea recopilada por una tarjeta electrónica, directamente de cada montacargas, para evitar fallas en la ejecución del plan y aumentar así la productividad del montacargas.

El proyecto propuesto tiene por justificación la importancia que representa incluir mejoras en los planes de mantenimiento preventivo, y la automatización en procesos industriales facilita llevar a cabo una producción planificada evitando posibles errores por incidencia del factor humano. La ejecución de un plan de mantenimiento preventivo de manera fiable y óptima disminuye los costes por reparaciones, además de disminuir el tiempo en que una fábrica no está produciendo por paradas no planificadas. El GMAO que se utilizó para este proyecto se basó en la metodología RCM (Reliability Centred Maintenance) y en la AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla).

Es importante además porque una buena planificación ayuda a administrar de mejor manera las horas laborales del talento humano con el que se cuenta para las jornadas de producción, dando un uso más eficiente al montacargas y aprovechando así al máximo la inversión en salarios, e incrementando la utilidad de la fábrica.

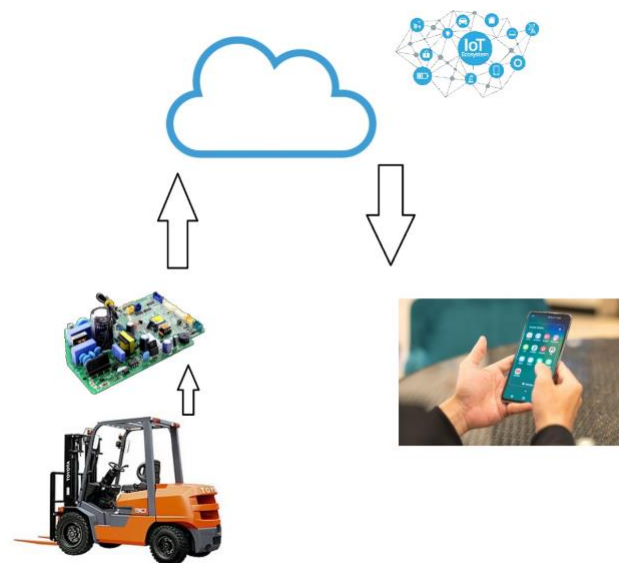


Fig. 1. Diagrama esquemático del proyecto

El proyecto beneficiará a la empresa **SERVIRICAURTE** cuya actividad comercial es Alquiler de Montacargas y que consta de una flota de tres montacargas para brindar servicio de movilización en la industria aduanera portuaria, donde se encarga del transporte de pallets con insumos para la educación.

Los objetivos del presente artículo académico son los siguientes:

A. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta virtual que registre las horas de uso de un montacargas, y notifique de manera temprana cuándo y qué mantenimiento preventivo se debe realizar, de acuerdo con el plan de mantenimiento de la empresa.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Recopilar información de los procesos que se realizan en la empresa y el uso que se da a los montacargas.
- 2) Detallar el sistema GMAO que se utilizará para el mantenimiento preventivo de los montacargas.
- 3) Describir el funcionamiento in situ del nuevo sistema de mantenimiento preventivo basado en el historial de fallos y en RCM.

V. METODOLOGÍA

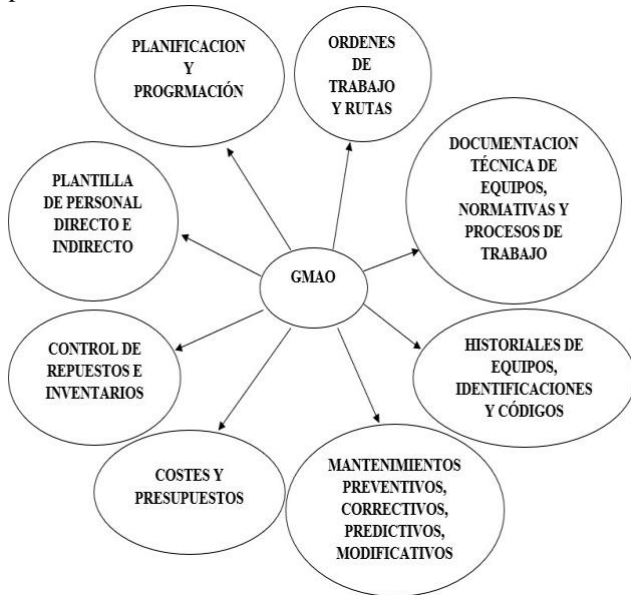
El presente trabajo utilizó los siguientes métodos investigativos:

A. Método exploratorio

Este método nos permite familiarizarnos con los dispositivos, equipos, herramientas y accesorios necesarios, pero sobre todo adecuados. Elementos que deben contar con las características específicas para la implementación del sistema propuesto en este documento.

B. Método experimental

El método experimental permitirá poner en práctica los conocimientos de teoría de mantenimiento y mejora de procesos.



Para empezar, se reconocieron los procesos que se ejecutan en la organización en la que se decidió trabajar, haciendo énfasis en aquellos en los que operan los montacargas.

Como siguiente acción, se pasó al proceso de mantenimiento, en el cual se analizó el plan de mantenimiento con el que se trabaja y la manera en que este se lleva a cabo. La información recabada in situ en esta parte, se usó como base para el diseño del sistema digital para el mantenimiento de las unidades. Para lo anterior también se usaron los métodos AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) y RCM (Reliability Centred Maintenance).

Para finalizar, a través de la observación en campo, se explicó la mecánica de operación de la tarjeta electrónica que va instalada en los automotores y de la herramienta digital en sí como un todo.

VI. MARCO TEÓRICO

GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador)

La GMAO, también conocida como CMSS (Computerized maintenance management system) por sus siglas en inglés, es una herramienta dispuesta a manera de base de datos, cuya finalidad es la de administrar el proceso de mantenimiento que se realiza a un equipo o alguna instalación.

En este sistema es posible encontrar datos importantes que una compañía genera durante las actividades de mantenimiento, y estas son organizadas de tal forma que todo el proceso se

vuelve más eficiente y seguro. La herramienta digital puede trabajar en base a dos enfoques, uno que es bastante general, y el otro que es más específico, este último es el más adecuado para el proyecto debido a que se utiliza en el mantenimiento de flotas de vehículos [4].

Una de las funcionalidades que hace tan útil a este sistema es que es capaz de gestionar un gran número de datos de manera rápida, además, la velocidad con la que maneja las actividades de mantenimiento es bastante buena, esto tiene repercusiones a nivel empresarial, pues la organización en este caso se vuelve más productiva, eficiente y el proceso de toma de decisiones es mucho más simple.

Además de lo anteriormente mencionado, existen otras razones para usar este sistema de gestión de mantenimiento, entre ellas se incluyen, protección e incremento del tiempo de vida útil de los activos, baja el tiempo en el que un activo se mantiene en estado inoperativo por motivos de mantenimiento, permite incluso predecir futuros requerimientos de los activos en cuanto a mantenimiento se refiere, incremento de la productividad en el área de mantenimiento debido a que el sistema ahora asiste al personal en sus operaciones.

Fig. 2. Módulos principales que tiene un GMAO

La GMAO funciona con algunos módulos (fig. 2), los cuales a su vez trabajan en base a 3 aspectos. El primero de ellos la tecnología, pues esta es la principal responsable de la organización de la información que es recopilada, facilitando el acceso a los datos y la administración de los activos.

El siguiente aspecto es la planificación, el GMAO conoce cuáles son las necesidades de mantenimiento y las organiza a través de actividades automatizadas, esto por supuesto, incrementa el ciclo de los activos.

Finalmente, los avisos que da la herramienta digital a las personas que trabajan en el área de mantenimiento es el tercer aspecto por resaltar del GMAO. La herramienta notifica a los encargados de manera oportuna, cuando se debe realizar alguna actividad. Aparte de lo anterior, los colaboradores del área de mantenimiento también pueden supervisar, hacer auditorías o simplemente darles seguimiento a las actividades, en resumen, si se compara el GMAO con las operaciones manuales y convencionales de mantenimiento, la herramienta digital hace que las tareas de mantenimiento se realicen de manera más productiva y eficiente [5].

RCM (Reliability Centered Maintenance)

Uno de los métodos más utilizados para crear programas de mantenimiento de todo tipo es el conocido como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) [6].

Es un método usado en mantenimiento que sirve para establecer las actividades que deben ejecutarse para asegurar

que los activos sigan funcionando dentro de los estándares establecidos y según lo que esperan sus usuarios, es decir, que se mantendrán estándares de calidad y servicio.

El primer objetivo del RCM es conservar la confiabilidad de las funciones del sistema, por lo tanto, se garantiza que se cumplen con los estándares de operatividad. Es importante tomar en cuenta que no se considera necesariamente falla cuando un activo se detiene, sino cuando deja de brindar al usuario las funcionalidades que se requieren o se esperan del activo en cuestión [7].

La finalidad del RCM es implementar un plan de mantenimiento preventivo de bajo costo y que sea efectivo.

La norma SAE JA1011 define los estándares que debe alcanzar un método para que sea considerado como RCM.

Varios entendidos en la materia afirman que no hay una metodología tan efectiva que contribuya a asegurar y conservar un correcto funcionamiento de equipos o activos en general como el RCM.

Principios del RCM

- Conservar la operatividad del sistema
- Reconocer las fallas que tienen el potencial de entorpecer la operatividad del activo
- Anteponer las necesidades de funcionamiento.
- Elegir actividades útiles y aplicables [7].

Prioridades del RCM

- Prevenir accidentes.
- Evitar la polución al ambiente.
- Aspecto operativo y económico de la organización [7].

El RCM dicta 7 preguntas en las cuales se engloban los requisitos que se deben obedecer para que un proceso se lleve a cabo según lo dispuesto por la norma SAE JA1011. Las preguntas deben ser respondidas de manera secuencial y son las que se indican en la Fig. 3.

Con el mantenimiento preventivo se logra conservar en condiciones óptimas de uso la maquinaria y demás equipos que forman parte de los activos de una fábrica, reduciendo así fallas críticas durante la producción.

Existen listas de actividades que pueden ser utilizadas por los encargados de los activos en cada ciclo de uso. La lista de actividades debe ser definida previamente y pueden venir de documentos técnicos como el manual del fabricante, planos de la máquina, reportes de condición, entre otros; y de cumplirse esta lista se activan protocolos para la liberación de la máquina.

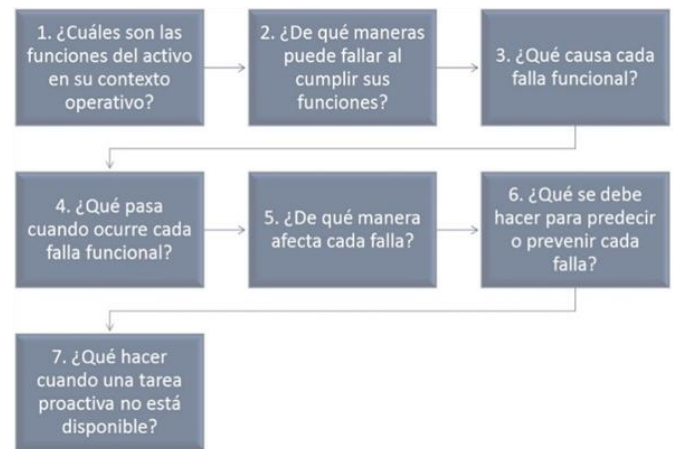


Fig. 3. Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

Con los avances tecnológicos referentes a internet y su interconexión con la industria, el mantenimiento preventivo puede ir un paso más allá, mediante la recolección de información en sitio, y su organización en bases de datos, diagramas, dashboards y más, que faciliten la interpretación y análisis de lo que ocurre con la maquinaria en tiempo real, así como la ejecución de planes de mantenimiento preventivos, que a este nivel ya serían conocidos como mantenimiento predictivo.

La industria 4.0 incluye ciencias amplias, entre ellas el internet de las cosas (IoT), el cloud computing o computación en la nube. Mediante su estudio nos es posible utilizar una serie de componentes electrónicos (sensores y microprocesadores) para recopilar la información de una fábrica, maquinaria o vehículo, y generar softwares que recojan la información y nos comuniquen el estado de estas en cualquier parte del mundo únicamente utilizando un ordenador o un teléfono inteligente con conexión a internet [8].

VII. RESULTADOS

Procesos y uso de los montacargas en SERVIRICAURTE

La empresa se dedica a prestar servicios y al alquiler de montacargas para maniobras de descarga de productos, consolidación y desconsolidación de contenedores, es un trabajo continuo 24/7, por lo tanto, es necesario el uso de una herramienta que ayude con la gestión del mantenimiento preventivo de las unidades y así no perder tiempo cuando aparecen los fallos y ya se vuelva necesario ejecutar un mantenimiento correctivo.

Mantenimientos de montacargas por tiempo de uso

Se contará con los procedimientos a seguir para los mantenimientos correspondientes de acuerdo con el número de horas por las que se ha usado el montacargas, además de una lista de verificación que, de no contar con todos los pasos del plan, permite bloquear el encendido del montacargas.

Es importante señalar que las unidades consideradas para esta investigación son montacargas a combustión, sin embargo, es posible adecuar el sistema al mantenimiento de montacargas eléctricos. Los equipos a combustión por supuesto dispone de un motor que opera con combustibles fósiles, esta clase de sistemas sufren roces constantes por lo que requieren de cambios de aceite de manera periódica [10]. Los procedimientos de mantenimiento más frecuentes que se ejecutan en los montacargas son los que a continuación se describen:

Mantenimiento Preventivo básico (250 horas)

Este se realiza por cada doscientos cincuenta horas de operatividad del montacargas, sin embargo, esto se definirá en función del tipo de trabajo que realiza el equipo o el lugar en el que se desempeña, puesto a que hay factores como la contaminación que en caso de ser muy alta, obliga a que los periodos de mantenimiento preventivo se realicen en menor tiempo, se recomienda que esto sea entre las ciento ochenta a doscientas horas de operatividad, pues naturalmente, es más probable que el motor de unidades expuestas a ambientes altamente contaminados se deteriore más rápido. Las tareas de mantenimiento para este caso son las que se exponen a continuación:

- Cambio de filtro de aire.
- Cambio de aceite y filtro de aceite del motor.
- Lubricación de cadenas.
- Lubricación de todos los puntos requeridos y piezas móviles y en constante fricción.
- Revisión de todos los líquidos.
- Limpieza [11].

Mantenimiento Preventivo dos mil horas

En este tipo de procedimiento se realiza el cambio de líquidos y aceites de la unidad, puesto a que, por el tiempo de operatividad del montacargas, impurezas o el incremento de temperatura, disminuye la propiedad de viscosidad de los



Fig. 4. Proyección de costos de mantenimiento.

El software al que se conoce técnicamente como Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador cuyo acrónimo en inglés es CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), no solo muestra los datos recopilados de la maquinaria a través de la tarjeta electrónica, sino también optimiza tareas más relevantes, permitiendo jerarquizar las máquinas que necesitan mantenimiento y en qué almacén se encuentran las piezas necesarias para proceder con el mismo.

De igual manera facilita la creación de órdenes de trabajo y permite su seguimiento de inicio a fin y la elaboración de informes para proporcionar información detallada sobre el cumplimiento de los protocolos. La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento implica la capacitación del personal encargado, ya sea el caso de operadores y personal de mantenimiento, dado que se trata de una mejora con beneficios a largo plazo, reforzar las bases iniciales permitirá conseguir los objetivos de manera sólida y sin dejar espacio a errores que más adelante serían difíciles de corregir [9].



Fig. 5. Computerized Maintenance Management System.

aceites, lo cual puede desencadenar en que las piezas se deterioren más rápido de lo esperado, este procedimiento incluye:

- Cambio de aceite de líquido refrigerante.
- Cambio de aceite de caja.
- Cambio de aceite de transmisión.
- Cambio de aceite hidráulico.
- Cambio de bujías.
- Cambio de líquido de frenos.
- Revisión de frenos [12].

Otros Mantenimientos Preventivos

Además de lo anteriormente mencionado, existen más procedimientos que se enfocan en reemplazar piezas que se han desgastado, en este apartado se incluyen a los tornillos, rodamientos, bujes, mangueras, entre otras, es importante notar que aspectos como el tiempo que se debe cumplir para reemplazar una pieza y otros relacionados al mantenimiento preventivo, se encuentran usualmente en los manuales de los automotores.

Sistema GMAO para montacargas

El presente proyecto tiene como finalidad implementar una tarjeta electrónica y una aplicación para mantenimientos preventivos, mediante el uso de tarjetas comerciales de control y comunicación con estructura de bajo costo y así aumentar la productividad de los montacargas, y al mismo tiempo conseguir un precio más competitivo al mantener los equipos en condiciones idóneas.

El sistema constará de una tarjeta electrónica de control como emisor directo de información que se activará al encender el montacargas, la tarjeta registrará la variable más importante para la selección y notificación del tipo de mantenimiento preventivo a seguir, la cual es el “*tiempo de uso*” en horas.



Fig. 6. Tarjeta electrónica del montacargas

La tarjeta electrónica va instalada y conectada al sistema mecánico del montacargas, se trata de una tarjeta inteligente en la cual se almacenará la información necesaria de la unidad.

El sistema tendrá comunicación con un servidor alojado en la nube, al que se tendrá acceso por medio de usuario y contraseña donde el personal de mantenimiento podrá revisar esta variable, además de almacenar la acumulación de datos sobre mal funcionamiento y la frecuencia con la que se realizaron reparaciones, es decir, que cada tarjeta también almacenará una especie de histórico de mantenimientos realizados a la unidad, a fin de generar comparativas que nos permitan medir el cumplimiento de los objetivos.

Para gestionar los mantenimientos preventivos que deben realizarse, se hace uso de una plataforma que se encarga de gestionar y controlar el status e histórico de las unidades, además, recopila datos importantes acerca de los procedimientos de mantenimiento realizados a los activos conjuntamente con la fecha en la que fueron ejecutados y los recursos utilizados.

Este sistema ha sido creado para interrelacionarse de una manera simple con el personal que está inmiscuido en la operación de los montacargas, es decir, los supervisores, administradores, operadores y mecánicos, quienes necesitan información en línea acerca de la operación de las unidades.

Acceso a la herramienta GMAO

La herramienta virtual iniciará desde el archivo base de datos. Una vez ejecutada, se desplegará una ventana en la que se solicitará el ingreso de las credenciales de usuario.

Fig. 7. Ventana de ingreso al sistema

El sistema trabaja con los siguientes módulos:

Módulo de personal

Se utiliza para recopilar datos personales y documentos habilitantes de los colaboradores a cargo de las unidades, al igual que información acerca de los montacargas que son operados por estos usuarios.

Fig. 8. Ventana módulo de personal

La información que se almacena en este módulo son datos importantes del departamento de operaciones, entre los cuales están el número de identificación, nombres completos, cargo, documento habilitante como la licencia y teléfono.

A través del sistema se puede administrar los datos de los usuarios, es posible ingresar información de nuevos trabajadores, actualizar los datos de personal que ya consta en el sistema o eliminar usuarios que ya no estén prestando sus servicios para la compañía.

Módulo de activos físicos

En este apartado se almacenan datos específicos de los montacargas y que son demandados por el departamento de operaciones.

A continuación, se muestra la ventana que visualiza el usuario cuando abre el módulo de activos físicos, en su mayoría es información técnica de las unidades.

Fig. 9. Ventana módulo activos físicos

Módulo de solicitud de repuestos

Se encarga de proveer de lo necesario para crear una solicitud de repuestos a través de un email al líder del proceso para su aceptación. Una vez generada la solicitud, el sistema arroja un código denominado “# de requerimiento”, el cual sirve para identificar la solicitud realizada que cuenta con los datos requeridos que están relacionados con el montacargas que necesita los repuestos.

Fig. 10. Ventana módulo solicitud de repuestos

Módulo de orden de trabajo

Aquí se registran las tareas de mantenimiento, se lo puede realizar en el formato que la organización tenga definido en su manual de operaciones. Este módulo se divide en 2, la generación de orden de trabajo y cerrar orden de trabajo.

Fig. 11. Ventana módulo orden de trabajo

La “Generación de Orden de Trabajo” es un submódulo que se encarga de gestionar las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo, en este apartado se registran el número de

requerimiento, número de orden, la fecha, el nombre de la persona que solicita el trabajo, la persona que ha sido elegido para realizar el trabajo y la unidad, en este caso el montacargas que será objeto del mantenimiento. Una vez que se tienen todos estos datos registrados, se guarda e incluso es posible disponer de un documento físico de la orden de trabajo imprimiéndola en caso de requerirlo [13].

Fig. 12. Ventana módulo generación orden de trabajo

Respecto del otro submódulo “Cerrar Orden de Trabajo” se utiliza una vez que ya se ha completado el trabajo e incluso ya ha pasado por la etapa de facturación, en resumen, el status de la orden pasa de “abierta” a “cerrada”.

Fig. 13. Ventana módulo cerrar orden de trabajo

Una vez familiarizados con los módulos, se empezará ingresando la información del personal a cargo y de las unidades, asignándoles códigos y llenado su información técnica correspondiente que pedirá automáticamente la plataforma, la información en la plataforma se visualizará de la siguiente manera:



Fig. 14. Ventana de visualización información de unidades

Una vez registradas las unidades, se procede a llenar la información acerca de los mantenimientos realizados, al menos de los últimos dos años. De igual manera, existe un apartado de la plataforma en el que se define un plan de mantenimiento preventivo. La información que se indique en esta base de datos será la que se relacione con lo que almacena la tarjeta electrónica para finalmente dar aviso del tipo de mantenimiento que se debe realizar.

El sistema consta de tecnología basada en GSM y WIFI que brinda control desde la nube, asegurando la inalterabilidad de los datos recolectados de cualquier dispositivo conectado. El proyecto manejará normas y parámetros según estándares de mantenimiento, siendo muy importante esta normativa para un correcto uso del sistema y haciendo viable su aplicación dentro de cualquier industria.



Fig. 15. Ciclo para el Análisis de Modo y Efecto de Falla

Con esta herramienta informática es posible organizar y recopilar información acerca de los procedimientos de mantenimientos preventivo que se le aplica a cada unidad, y todos estos datos formarán parte del historial del activo, el sistema también permite generar notificaciones vía email a manera de recordatorios que son muy útiles para organizar los siguientes mantenimientos que se deban ejecutar como son

aquellos que se realizan cada 250 horas [14].

Check List E Inspección Preoperativa De Montacargas

Como siempre sucede en prácticamente todos los procesos industriales, se vuelve necesario asegurar que todas las personas que se encuentren en operaciones puedan realizar su trabajo sin que se vea afectada su integridad física o su salud. Como contribución a lo anterior, se han creado procedimientos a manera de prevención de todo tipo de riesgos laborales, para el caso de los montacargas, existen los check list preoperativos, estos sirven para realizar inspecciones de las unidades antes de utilizarlas, con la finalidad de detectar fallos o problemas de manera oportuna. Estos datos son importantes para un correcto funcionamiento de la herramienta y se deben recopilar siempre que se va a utilizar la unidad [15].

Tan pronto como se entrega un montacargas a un operador, este debe inspeccionar la unidad utilizando el check list preoperativo, pues en caso de no identificar a tiempo algún inconveniente con el montacargas, puede causarse un incidente de cualquier índole, por ejemplo, puede darse el caso de que en la jornada anterior de trabajo se dañaron los frenos de la unidad, y el usuario que inicia el próximo turno no realizó la inspección preoperativa, esto resulta en que al no haber identificado la falla, la probabilidad de ocurrencia de accidentes sea más alta.

El sistema permite que los usuarios ingresen los datos que recopilan por medio de los check list preoperativos, una vez son registrados, y en caso de existir averías o cualquier tipo de falla, son reportados directamente a los encargados del área de mantenimiento, estos datos influyen en el status operacional de los montacargas que siempre estará visible para todo el personal y de igual manera, cuando algún inconveniente sea solucionado, será debidamente informado al personal de supervisión y de operaciones.

INSPECCION A MONTACARGAS

No. De Montacargas								
Puntos a revisar	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
EXISTEN FUGAS DE COMBUSTIBLES.								
LA BATERIA ESTA LIMPIA, CARGADA Y EN BUEN ESTADO.								
NIVEL DE AGUA DE LA BATERIA.								
LAS CUCHILLAS DEL MONTACARGAS ESTAN EN BUEN ESTADO.								
EL MECANISMO ELEVADOR CON O SIN CARGA ESTA EN BUEN ESTADO.								
DIRECCION FUNCIONA BIEN.								
LOS FRENSOS SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO.								
NIVEL DE LIQUIDO DE FRENSO LLENO.								
NIVEL DEL ACEITE HIDRAULICO LLENO.								
AL VERIFICAR LAS LUCES FUNCIONAN ADECUADAMENTE.								
CUENTA CON EXTINTOR.								
TIENE SEGURO Y CARGA VIGENTE EL EXTINTOR.								
LAS LUCES INTERMITENTES Y LA TORRETA FUNCIONAN ADECUADAMENTE.								
CUENTAN CON ESPEJO RETROVISOR EN BUEN ESTADO.								
LAS LLANTAS ESTAN EN BUEN ESTADO Y TIENEN BORDADO.								
EL ASIENTO ESTA EN BUEN ESTADO.								
CUENTA CON CINTURON DE SEGURIDAD.								
FUNCIONA EL CLAXON.								
LA ALARMA DE REVERSA FUNCIONA ADECUADAMENTE.								
LA REJILLA DE PROTECCION EN BUEN ESTADO.								
TIENE RASPONES EL MONTACARGAS								
Comentarios								

REALIZA LA INSPECCION:
(NUMERO DE EMPLEADO E INICIALES)



Fig. 16. Formato check list preoperativo del montacargas

Los check list preoperacionales funcionan como una lista de inconvenientes que pueden perjudicar al montacargas y posiblemente a sus operadores, dentro de la GMAO, intervienen los siguientes roles y controles:

Operador de Montacargas: Su función es ingresar los datos recopilados en la inspección preoperacional, reconocer y comunicar inconvenientes que no hayan sido detectados en las inspecciones preoperativas o aquellos que suceden mientras los montacargas están en funcionamiento, además de verificar que se hayan cerrado todos los problemas identificados.

Coordinador: Su función es verificar que el procedimiento se lleve a cabo correctamente, específicamente cuando se ingresan los datos de las inspecciones preoperacionales, además del cierre de los inconvenientes comunicados.

Mecánico de Montacargas: Es el personal operativo del área de mantenimiento y su función es realizar los procedimientos necesarios en las unidades cuando se detectan inconvenientes. También pueden detectar otro tipo de inconvenientes durante el mantenimiento.

Inspección Con El Montacargas Apagado
Cuando la unidad está apagada, se realizan las siguientes revisiones:

- **Verificación de la estructura:** daños, fisuras, golpes.
- **Verificación de ruedas:** rines, llantas, estructura.
- **Verificación de fluidos:** liquido refrigerante, aceite.
- **Verificación de fugas:** sistemas con aceites, botellas, mangueras, etc.
- **Verificación de accesorios de seguridad:** luces, cinturón de seguridad, , pito, etc. [16].

Inspección Con El Montacargas Encendido

Cuando la unidad está encendida, se realizan las siguientes revisiones:

- **Verificación de mecanismos hidráulicos:** elevación, reclinación, deslizamiento lateral y aditamentos.
- **Verificación de frenos.**
- **Verificación de marchas:** avance y retroceso de la unidad de manera fluida.
- **Verificación de motor:** ruidos extraños, potencia y otros.
- **Verificación de dirección** [17].

Reporte de problemas con los montacargas

Otro aspecto importante que se puede manejar directamente con la plataforma, durante la manipulación del montacargas, son los problemas o incidentes los cuales deben ser reportados por los operadores y dependiendo de su impacto el montacargas puede quedar no operativo, los incidentes deben ser reportados a los coordinadores de la operación y estos a su vez deben reportar al personal técnico para su inspección y corrección, por supuesto esto se relaciona un poco más con el mantenimiento correctivo, el cual también puede incluirse dentro de este GMAO [18].

Control de Horómetros

El mantenimiento preventivo asegura una adecuada operación de las unidades y ayuda a impedir que sucedan paradas no planificadas. Respecto del tiempo de mantenimiento, se lo controla respecto a las horas de trabajo de los montacargas, por lo tanto, en función de esta variable, se realizará la planificación de los mantenimientos.

Con este sistema, los horómetros de las unidades se encuentran en línea y en función del tiempo que marquen, se gestionaran los procedimientos de mantenimiento preventivo.

Ventajas del GMAO

Algunas de las funcionalidades y ventajas de este sistema incluyen:

- Las inspecciones preoperativas contribuyen a obedecer lineamientos de seguridad y debido a que los datos son almacenados en la plataforma, ya no son necesarios los check list físicos en papel.
- Se puede tener una visión general del status operacional de los montacargas, esto ayuda a la planificación operativa pues se indica las unidades que están funcionales, las que se encuentran en ,mantenimiento y aquellas que no funcionan o se dieron de baja.

- Cada persona puede tener su propio usuario sean mecánicos, operadores, administradores, supervisores, etc.
- Se dispone del historial de todas las unidades.
- Ya sea que el área de mantenimiento sea interna o externa (subcontratistas), también pueden estar involucrados en el sistema y aportar en la gestión de inconvenientes que se reporten con las unidades.
- Es posible reconocer inconvenientes reiterativos en las unidades y así definir planes de mantenimiento.
- La plataforma permite registrar los gastos en los que se incurrió por motivos de mantenimiento con la finalidad de monitorear el retorno de inversión [19].

Una vez que toda la información ha sido gestionada para cada una de las unidades, el sistema realiza un análisis y empieza a notificar el mantenimiento preventivo más adecuado que debe realizarse al montacargas en función del tiempo de uso, los check list preoperacionales e información recopilada en las inspecciones diarias.

Estas notificaciones se mostrarán en la plataforma, también se puede configurar para que se reciban vía email o incluso, pueden remitirse directamente al aplicativo móvil con el que también cuenta el sistema.

Una vez recibida la notificación del mantenimiento que se debe realizar, esto pasa a los coordinadores operativos quienes emiten las órdenes de trabajo, también se definirá un tiempo específico para realizar la acción, en caso de que no se ejecute el mantenimiento preventivo requerido, el sistema enviará una alerta a la tarjeta electrónica instalada en el montacargas, la cual bloqueará el sistema mecánico y no le permitirá operar.

Una vez que un montacargas ha entrado al proceso de mantenimiento, se deberá registrar en la plataforma el procedimiento realizado con fecha, esta información se guardará en el histórico de mantenimiento, almacenado tanto en la tarjeta electrónica de cada unidad como en la nube.

A continuación, se detallan los diferentes rubros con su costo para la construcción del módulo de control electrónico.

TABLA I
PRESUPUESTO DEL PROYECTO COSTEADO POR LA EMPRESA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR POR UNIDAD	VALOR TOTAL
Asesoría electrónica IoT	1	\$400	\$400
Desarrollo de aplicación web	1	\$ 600	\$600
Servicio de IoT	12	\$15	\$180
Tarjeta electrónica IoT	1	\$400	\$400
TOTAL			\$ 1580,00

La “TABLA I” nos indica los equipos, accesorios y elementos que necesitaremos para la creación del módulo, este presupuesto será costado por la empresa.

Funcionamiento in situ del sistema

Se llevó a cabo una prueba de funcionamiento del sistema GMAO, para iniciar se configuró la plataforma digital tanto en computadores como en teléfonos celulares a través de la app.

Se ingresó la información correspondiente del personal operativo a cargo y de la unidad tanto a nivel mecánico, operativo, historial de mantenimientos, tiempo de uso, etc.

Se usaron dos unidades para esta prueba, un montacargas que contaba con todos los mantenimientos preventivos al día, y otro montacargas que tenía pendiente recibir este procedimiento.

Una vez registrada la información de las unidades, se procedió a definir el plan de mantenimiento preventivo que la empresa estableció para los montacargas en función de su tiempo de uso.

Como siguiente paso se configuró la tarjeta electrónica y se instaló en el montacargas. Una vez que el sistema se instaló, se procedió con la prueba.


Se le pidió al operador del montacargas que ya había recibido mantenimiento preventivo, que realice el check list preoperacional primero con el equipo apagado y luego con el equipo encendido, la información recopilada iba siendo ingresada en la app en el módulo del check list preoperacional, es importante señalar que la app le va indicando al operador cómo realizar esta inspección y cómo se deben llenar los datos.

Una vez realizada la inspección preoperacional y encendido el montacargas, la tarjeta electrónica empezó a trabajar, inmediatamente envió la alerta de estatus a la plataforma como “operativo”, es decir, que la unidad cumple con todos sus mantenimientos y puede trabajar.

Este mismo procedimiento se llevó a cabo con el montacargas que no había recibido mantenimiento preventivo, se realizó la inspección preoperacional de rutina, se encendió la unidad y la tarjeta electrónica notificó los mantenimientos preventivos que debían llevarse a cabo en la unidad según el tiempo que había estado operativo, también dio un plazo para realizar los trabajos de mantenimiento, en caso de no cumplir con el tiempo establecido, el sistema envía la orden a la tarjeta electrónica de bloquear la unidad, poniendo su status como “inhabilitada”.

El sistema continuó con el procedimiento esperado y el coordinador encargado generó una orden de trabajo para que se realice el mantenimiento de la unidad. El montacargas recibió el procedimiento respectivo, los datos fueron ingresados en la plataforma y actualizados. Una vez que es procesada la información, el sistema envió la orden a la tarjeta electrónica para que se habilite la unidad y vuelva a estar operativa.

El sistema está diseñado para enviar alertas con varios días de anticipación con la finalidad de que el área de mantenimiento pueda realizar los trabajos respectivos de manera oportuna.



Plan de Mantenimiento Preventivo: Montacargas			
Revisión Diaria (8 Horas)			
ITE M	PARTE O COMPONENTE	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERSONAL DE EJECUCION
1	Aceite Hidráulico	Revisar Nivel de aceite y Completar en caso de ser necesario	Operador
2	Aceite de Motor	Revisar Nivel de aceite y Completar en caso de ser necesario	Operador
3	Fluido del Radiador	Revisar Nivel de fluido y Completar en caso de ser necesario	Operador
4	Combustible	Revisar Nivel de combustible y Completar en caso de ser necesario	Operador
5	Fluido de Transmisión	Revisar Nivel de fluido y Completar en caso de ser necesario	Operador
6	Neumáticos	Chequear estado y presión	Operador
7	Extintor	Inspeccionar	Operador
8	Baterías	Inspeccionar	Operador
9	Controles	Inspeccionar	Operador
10	Transmisión	Inspeccionar	Operador
Revisión Semanal (50 Horas) o Cada Semana			
NOTA: EFECTUAR REVISION MEDIANTE EL USO DEL FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO PARA MONTACARGAS Q.F.GM-28 DEBEN ESTAR PRESENTES EL OPERADOR DEL MONTACARGAS Y EL SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO O EL JEFE DIRECTO, CUALQUIER DESVIACION O PROBLEMA OBSERVADO DEBE SER CORREGIDO EN LA PRONTITUD POSIBLE			
1	Filtro de Aire	Limpiar	Operador o Mecánico Responsable
Revisión Mensual (150 Horas) o Cada Mes			
NOTA: EFECTUAR REVISION MEDIANTE EL USO DEL FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO PARA MONTACARGAS Q.F.GM-28 DEBEN ESTAR PRESENTES EL OPERADOR DEL MONTACARGAS Y EL SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO O EL JEFE DIRECTO, CUALQUIER DESVIACION O PROBLEMA OBSERVADO DEBE SER CORREGIDO EN LA PRONTITUD POSIBLE			
1	Aceite y Filtro de Motor	Inspeccionar y Cambiar de ser necesario	Mecánico Responsable
2	Filtro de Aire	Inspeccionar y Cambiar de ser necesario	Mecánico Responsable
3	Filtro de Combustible	Inspeccionar y Cambiar de ser necesario	Mecánico Responsable
4	Filtro de Aceite de Transmisión	Inspeccionar y Cambiar de ser necesario	Mecánico Responsable
5	Filtro de Aceite Hidráulico	Inspeccionar y Cambiar de ser necesario	Mecánico Responsable
6	Aceite Hidráulico	Extraer y analizar muestra de aceite, en caso de contaminación se debe realizar cambio	Mecánico Responsable
7	Correas	Inspeccionar, en caso de deformación realizar cambio	Mecánico Responsable
8	Cadenas de Elevación	Lubricar	Mecánico Responsable

Fig. 17. Informe de mantenimiento que genera la herramienta virtual

VIII. CONCLUSIONES

La información necesaria de todas las unidades se obtuvo de sus manuales, historial, catálogos. Esto ayudó a la elaboración de las fichas técnicas de los montacargas en el sistema al igual que la información relacionada a sus operadores.

El plan de mantenimiento preventivo de los montacargas fue establecido en base al que ya contaba la empresa y por supuesto, según las recomendaciones del fabricante.

Se diseñó un sistema de GMAO amigable con el usuario, que contribuya a un buen registro, almacenamiento y manejo de los datos que tienen que ver con las tareas de mantenimiento.

La prueba realizada de funcionamiento del sistema GMAO fue exitosa y se cumplió con los objetivos propuestos, el sistema es funcional y puede ser utilizado para la gestión del mantenimiento preventivo de los montacargas.

Es recomendable que cada persona que posea credenciales para entrar al sistema no comparta su usuario con un tercero, pues así se disminuye el riesgo de alterar o eliminar información ingresada, perjudicando un correcto registro en el historial de cada montacargas.

Se debe procurar contar con una conexión estable a internet, pues prácticamente todo el sistema se comunica y funciona en base a esto.

Es necesario que exista una persona encargada de ingresar todos los días el dato que arroja el horómetro de cada montacargas, con la finalidad de que las tareas de mantenimiento preventivo sean realizadas de manera oportuna.

Para finalizar, se sugiere actualizar regularmente los conocimientos técnicos y capacitar al personal de mantenimiento en el área de seguridad industrial, con el objetivo de resolver eficazmente las fallas que pueden presentar los montacargas.

REFERENCIAS

- [1] A. Muñoz, "Mantenimiento Industrial," Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf/view>, 2020.
- [2] G. Villegas, "Hacia dónde tiende el mantenimiento," Disponible en: https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-025%20TRA_COL_G_VILLEGAS_CIMGA2018.pdf, 2018.
- [3] P. García, "El Mantenimiento General," Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>, 2006.
- [4] Carrollo, "Evaluación del sistema de gestión de mantenimiento informatizado," Disponible en: <oxnard.org/wp-content/uploads/2017/09/PM-1.2.2.pdf>, 2017.
- [5] G. Cedeño, "Estudio del impacto logístico - técnico que genera el mantenimiento predictivo en las PYMES," Disponible es: : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6118750>, 2016.
- [6] O. Campos, "Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando la taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos," *Científica*, vol. 23, no. 1, pp. 51-59, 2019.
- [7] F. González, *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*, Madrid: FCeditorial, 2015.
- [8] G. Barbieri, "Mantenimiento 4.0: una oportunidad para los ingenieros mecánicos de contribuir a la revolución digital," 2020.
- [9] IBM, "¿Qué es un CMMS?," IBM, 2019. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/pe-es/topics/what-is-a-cmms>.
- [10] D. Navas, "Mantenimiento y mejora de las instalaciones en los edificios," Disponible en: : https://books.google.com.ec/books?id=2XtXDwAAQB AJ&printsec=frontcover &hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, 2015.
- [11] B. López, "Las siete herramientas de la calidad," Disponible en: : <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramienta-s-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>, 2019.
- [12] A. Muñoz, "Mantenimiento Industrial," Obtenido de: : <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf/view>, 2020.
- [13] F. Quishpe, "Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total para la planta de producción de la fábrica de tornillos, pernos y tuercas TOPESA S.A.," Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12059/1/T-ESPE-053445.pdf>, 2016.
- [14] A. Posligua, "Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para una planta purificadora de agua en la Comuna el Caimito," Repositorio UPS, 2020.
- [15] D. Flores, "Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP," Repositorio UPS, 2021.
- [16] C. Villegas, "Hacia donde tiende el mantenimiento," Obtenido de: https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-025%20TRA_COL_G_VILLEGAS_CIMGA2018.pdf, 2018.
- [17] M. Sanchez, "Técnicas de mantenimiento predictivo," Disponible en: : <https://repositorio.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/T%C3%89CNICAS%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREDICTIVO.%20METODOLOGIA%20DE%20APLICACION%20EN%20LAS%20ORGANIZACIONES.pdf>, 2017.
- [18] J. Cedillo, "Desarrollo e implementación de una herramienta informática para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular del GAD Municipal del cantón Pasaje," Repositorio UPS, 2021.
- [19] H. Wienker, "The computerized Maintenance Management System An essential tool for World Class Maintenance.," 2016.