PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ

MARÍA ANGÉLICA PRADA INSTAN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2019

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ

MARÍA ANGÉLICA PRADA INSTAN

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Mecánica

PROFESOR
ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES
Esp. Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A papito Dios por permitirme culminar otra fase del largo camino que aún recorro, por estar presente siempre y darme fortaleza en las situaciones más adversas.

A mi madre Olga Instan por su paciencia, amor, apoyo incondicional y constante acompañamiento en cada una de las etapas y momentos de mi vida. Gracias por estar ahí siempre para mí.

A mi padre Gustavo Prada por enseñarme a luchar, a ser fuerte y valiente sin dejarme desvanecer en las situaciones e instantes más difíciles que se me presentan día a día.

A mita, mi segunda mamá, gracias por escucharme, por enseñarme a hablar cuando es necesario y callar cuando se debe. Gracias por corregirme cada vez que me equivoco, por darme el valor para reconocer y enmendar mis errores.

A mis tíos y primos-sobrinos por su cariño y sus palabras de aliento, su continuo interés y su colaboración hacia mí, cada uno de ustedes tienen un valor muy significativo en este proyecto que finalizo.

A mis compañeros de carrera por enfrentar conmigo y superar cada uno de los obstáculos, ustedes son testigos de momentos buenos y no tan buenos, de lágrimas, de sonrisas, de trasnochos y de alegrías.

A todas las personas que me rodearon de principio a fin en este arduo trayecto, mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de proyecto de grado, Ingeniero Isnardo González Jaimes, por su tiempo, compromiso y dedicación, por instruirme y ayudarme a crecer en el ámbito profesional e intelectual.

A Carlos muñoz, representante legal y comandante del cuerpo de bomberos voluntarios de San Vicente de Chucurí, por su colaboración y disposición ante cualquier necesidad, gracias por la confianza depositada.

A mis docentes y orientadores, por todas sus enseñanzas y lecciones, por transmitirme día a día todos sus conocimientos y ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 20

1. CONDICIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DEL CBVSV.....22

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 22

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....25

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO 26

1.3.1 Objetivo general. 26

1.3.2 Objetivos específicos 27

1.4 GENERALIDADES DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ.....28

1.4.1 Fundación.....28

1.4.2 Marco legal.....28

1.4.3 Misión. 28

1.4.4 Visión.....29

1.4.5 Estructura física.....29

1.4.6 Estructura organizacional y operacional.....29

1.4.7 Áreas de trabajo. 30

1.4.8 Estado del mantenimiento. 31

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MANTENIMIENTO.....32

2.1 DEFINICIÓN.....32

2.2 IMPORTANCIA.....32

2.3 CLASIFICACIÓN 32

2.3.1 Mantenimiento correctivo. 32
2.3.2 Mantenimiento periódico. 33
2.3.3 Mantenimiento programado.....33
2.3.4 Mantenimiento preventivo. 33
2.3.5 Mantenimiento predictivo.....34
2.3.6 Análisis de aceite. 34
2.3.7 Norma ISO 4406 de 1999.....34
2.3.8 Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM). 36
2.4 OUTSOURCING DEL MANTENIMIENTO.....36
2.5 ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO 38
2.5.1 Programación del mantenimiento preventivo. 39
2.5.2 Codificación de equipos. 40
2.5.3 Descripción de la metodología del análisis de criticidad.....42
3. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....45
3.1 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN 45
3.2 DOCUMENTACIÓN REQUERIDA 46
3.3 MP SOFTWARE.....47
4. ESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ 49
4.1 GESTIÓN DE CARGOS Y FUNCIONES EN LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO.....49
4.1.1 Jefe general de mantenimiento. 49
4.1.2 Supervisor de mantenimiento eléctrico y electrónico. 50
4.1.3 Supervisor de mantenimiento mecánico. 51

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y SERVICIOS 51
4.3 PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO 53
4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS UTILIZADOS 54
4.4.1 Vehículos automotores del CBVSV. 54
4.4.2 Equipos de rescate. 55
4.4.3 Equipos de emergencia. 55
4.4.4 Equipo para remoción de troncos o árboles. 55
4.4.5 Equipos de limpieza y adecuación de espacios. 56
4.5 IDENTIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA.....58
4.6 CODIFICACIÓN DE ACTIVOS.....66
4.7 ANÁLISIS DE CRITICIDAD 68
4.7.1 Análisis de criticidad por riesgo en los equipos. 68
4.7.2 Análisis de criticidad por riesgo en los sistemas de equipos críticos. 71
5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS CRÍTICOS 88
5.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS VEHÍCULOS CRÍTICOS 88
5.1.1 Camioneta Toyota Hilux 2008 (Móvil 3).....88
5.1.2 Carrotanques de agua Freightliner (Móvil 4 y Móvil 5). 93
5.2 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE EMERGENCIA 94
5.2.1 Motobomba Mark-3. 95
5.2.2 Motobomba Mini-Striker. 99
5.2.3 Electrobomba Multinox. 99
5.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE RESCATE 99

6. ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO 103
6.1 PROCESAMIENTO DE DATOS 103
6.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN 104
6.3 DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN 109
6.3.1 Ficha técnica. 110
6.3.2 Hoja de vida. 110
6.3.3 Lista de chequeo. 111
7. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN MP SOFTWARE BÁSICO VERSIÓN 10 EN EL CBVSV 113
7.1 INGRESO AL PROGRAMA 113
7.2 FUNCIONES DEL PROGRAMA 115
7.2.1 Función Aplicaciones. 115
7.2.2 Ayuda. 115
7.2.3 Configuración. 116
7.3 MÓDULOS DEL PROGRAMA 116
7.3.1 Módulo equipos. 118
7.3.2 Módulo localizaciones/inmuebles. 119
7.3.3 Módulo planes de mantenimiento. 120
7.3.4 Módulo mantenimientos rutinarios próximos. 121
7.3.5 Módulo trabajos no rutinarios. 122
7.3.6 Módulo trabajos en espera de generarles una OT. 123
7.3.7 Módulo órdenes de trabajo (OT). 124
8. PRUEBAS DEL MP SOFTWARE EN EL CBVSV 125
8.1 REGISTRO DE INFORMACIÓN 125

8.2 GENERACIÓN DE INFORMES.....128
9. ANÁLISIS ECONÓMICO.....130
9.1 INVERSIÓN INICIAL 131
9.2 FLUJO DE CAJA O CASH FLOW 132
9.2.1 Entradas. 133
9.2.2 Salidas.....133
10. CONCLUSIONES 136
BIBLIOGRAFÍA 138

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Nueva sede cuerpo de bomberos voluntarios SVCH. 23
Figura 2. Vehículos cuerpo de bomberos voluntarios SVCH. 24
Figura 3. Kit de desinundación CBVSV 24
Figura 4. Áreas de los equipos, primera planta sede CBVSV.....29
Figura 5. Organigrama CBVSV.....30
Figura 6. Cantidad de partículas código de limpieza 35
Figura 7. Valores recomendados para aplicaciones hidráulicas 35
Figura 8. Razones para tercerizar el mantenimiento 37
Figura 9. Organigrama ejemplo de un departamento de mantenimiento. 38
Figura 10. Estructura del código de un elemento.....41
Figura 11. Clasificación taxonómica ISO 14224 41
Figura 12. Matriz de criticidad. 44
Figura 13. Evaluación de criterios y factores ponderados 44
Figura 14. Características del MP básico 48
Figura 15. Organigrama de mantenimiento 54
Figura 16. Partes principales de la motosierra.....56
Figura 17. Partes principales de la aspiradora.....57
Figura 18. Partes principales de un taladro 58
Figura 19. Código alfanumérico para los activos 66
Figura 20. Partes críticas de sistemas en camiones cisterna 81
Figura 21. Porcentajes de criticidad de sistemas en un solo camión cisterna 81
Figura 22. Partes críticas camioneta Toyota Hilux.....82
Figura 23. Porcentajes de criticidad de sistemas en la camioneta.....82
Figura 24. Partes críticas de la bomba Mark-3 85

Figura 25. Porcentajes de criticidad de sistemas motobomba Mark-3 85
Figura 26. Partes críticas de la motobomba Mini-Striker 85
Figura 27. Porcentajes de criticidad de sistemas motobomba Mini-Striker 86
Figura 28. Porcentajes de criticidad de sistemas electrobomba Multinox 86
Figura 29. Porcentajes de criticidad equipo de respiración autónoma ERA 87
Figura 30. Actividades del sistema de información de mantenimiento 103
Figura 31. Diagrama de flujo ingreso al sistema 104
Figura 32. Diagrama de flujo módulo equipos 105
Figura 33. Diagrama de flujo módulo planes de mantenimiento 106
Figura 34. Descripción de la función ligar plan de mantenimiento a un equipo ... 107
Figura 35. Diagrama de flujo para generar o consultar una OT 108
Figura 36. Diagrama de flujo de la actualización, seguimiento y control de las OTs 109
Figura 37. Formato propuesta para ficha técnica 110
Figura 38. Formato propuesta para hoja de vida 111
Figura 39. Formato propuesto para lista de chequeo vehículo automotor 112
Figura 40. Ícono del software MP 113
Figura 41. Ingreso al MP software 114
Figura 42. Interfaz MP software 114
Figura 43. Campo de búsqueda inteligente 116
Figura 44. Módulos del MP software básico versión 10 117
Figura 45. Submenú del módulo equipos 118
Figura 46. Módulo equipos 119
Figura 47. Módulo localizaciones de los equipos 120
Figura 48. Módulo planes de mantenimiento 121
Figura 49. Módulo mantenimientos próximos rutinarios 122
Figura 50. Módulo trabajos no rutinarios 122
Figura 51. Trabajos en espera de generar una OT para el camión cisterna M4 .. 123
Figura 52. Módulo órdenes de trabajo 124
Figura 53. Prueba de registro de un equipo 125

Figura 54. Prueba de registro de equipos 126
Figura 55. Prueba del panel de información de los equipos 126
Figura 56. Prueba de registro de localizaciones 127
Figura 57. Prueba de registro de planes de mantenimiento 127
Figura 58. Prueba de los mantenimientos rutinarios próximos programados por el software 128
Figura 59. Prueba para generar orden de trabajo 129
Figura 60. Prueba para gestionar y controlar las órdenes de trabajo generadas 129

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Servicios prestados por el CBVSV 31
Tabla 2. Partes principales de un taladro 58
Tabla 3. Listado de vehículos automotores 59
Tabla 4. Listado de equipos de emergencia 60
Tabla 5. Equipo de rescate 63
Tabla 6. Listado de equipos para remoción de troncos o árboles 63
Tabla 7. Equipos de limpieza y adecuación de espacios 64
Tabla 8. Codificación de los equipos del CBVSV 66
Tabla 9. Codificación de los vehículos del CBVSV 67
Tabla 10. Factores de ponderación para cálculo de criticidad en los equipos del CBVSV 69
Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad para los equipos del CBVSV 70
Tabla 12. Equipos críticos del CBVSV 71
Tabla 13. Factores de ponderación para cálculo de criticidad en los sistemas de los equipos del CBVSV 72
Tabla 14. Sistemas principales de un vehículo automotor. 73
Tabla 15. Sistemas adicionales para los camiones cisterna 76
Tabla 16. Sistemas principales de la motobomba FOXIV 76
Tabla 17. Criticidad del móvil 4, carrotanque de agua Freightliner modelo 2011 78
Tabla 18. Sistemas principales de la motobomba Mark-3 83
Tabla 19. Criticidad motobomba Mark-3 84
Tabla 20. Criticidad equipo de respiración autónoma ERA 87
Tabla 21. Nomenclatura y descripción de rutinas 89
Tabla 22. Actividades de mantenimiento preventivo para camioneta Toyota Hilux 89

Tabla 23. Operaciones de mantenimiento para sistemas críticos Toyota Hilux.....91
Tabla 24. Fallas recurrentes en las motobombas 94
Tabla 25. Acciones de mantenimiento regular motobomba Mark-3.....96
Tabla 26. Acciones de mantenimiento autónomo Mark-3.....98
Tabla 27. Acciones de mantenimiento regular del ERA.....100
Tabla 28. Acciones de mantenimiento autónomo ERA.....102
Tabla 29. Requerimientos mínimos del equipo.....132
Tabla 30. Desembolso inicial del proyecto.....132
Tabla 31. Costo de mantenimiento correctivo año 2019.....133
Tabla 32. Resultados del análisis económico 135

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Anexo A. Análisis de criticidad total por riesgo de vehículos críticos
Anexo B. Caracterización de bombas
Anexo C. Análisis de criticidad total por riesgo de bombas críticas
Anexo D. Caracterización del equipo de respiración autónoma
Anexo E. Actividades de mantenimiento preventivo para camiones cisterna
Anexo F. Actividades de mantenimiento bomba Waterax modelo Mini-Striker
Anexo G. Actividades de mantenimiento bomba eléctrica Multinox
Anexo H. Ficha técnica del camión cisterna M4
Anexo I. Lista de chequeo para bombas
Anexo J. Orden de trabajo generada por MP software
Anexo K. Cotización de la licencia para el MP software
Anexo L. Certificado de cumplimiento del proyecto

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ.*

AUTOR: MARÍA ANGÉLICA PRADA INSTAN**

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, SISTEMA DE INFORMACIÓN, ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

DESCRIPCIÓN:

El propósito del presente proyecto de grado es constituir el departamento de mantenimiento en el cuerpo de bomberos voluntarios del municipio de San Vicente de Chucurí e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos utilizados en cada una de las operaciones y labores encaminadas a mantener la seguridad e integridad de la comunidad. La ejecución del plan se lleva a cabo mediante un sistema de información, el cual es una herramienta informática que administra y controla cada una de las actividades de mantenimiento que se realizan en las máquinas.

El desarrollo de este libro inicia con el reconocimiento de la empresa y la recopilación de toda información referente a la forma como se realiza el mantenimiento en cada máquina. Luego se presenta toda la documentación técnica consultada y utilizada tanto para el desarrollo del plan de mantenimiento como para la implementación del sistema de información de mantenimiento.

Luego se conforma el departamento de mantenimiento mediante la estructura organizacional propuesta, en la cual se establecen cargos y se asignan funciones y responsabilidades. Después se realiza la caracterización de los equipos utilizados por la empresa, a los cuales se les hace un análisis para identificar el nivel de criticidad de los mismos. Posteriormente se conforman los planes de mantenimiento de los equipos más críticos y se elabora la documentación requerida para la gestión de todas las actividades de mantenimiento propuestas.

Finalmente se selecciona el sistema de información de mantenimiento y se equipa con toda la información recopilada y elaborada en las primeras etapas del proyecto. Una vez ingresados todos los datos requeridos por el programa, se obtienen todos los datos de salida empleados para la gestión del mantenimiento.

---

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE MACHINERY OF THE BODY OF VOLUNTEERED FIREFIGHTERS OF MUNICIPALITY SAN VICENTE DE CHUCURÍ.*

AUTHOR: MARÍA ANGÉLICA PRADA INSTAN**

KEYWORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, INFORMATION SYSTEM, CRITICALITY ANALYSIS.

DESCRIPTION:

The purpose of this grade project is to set up the maintenance department in the volunteer fire enterprise of the municipality of San Vicente de Chucurí and to implement a preventive maintenance plan for the equipment used in each of the operations and work aimed at maintaining the safety and integrity of the community. The implementation of the plan is carried out by means of information, which is a computer tool that manages and controls each of the maintenance activities are carried out on the machines.

The development of this book begins with the recognition of the company and the collection of all information regarding the way maintenance is performed on each machine. Then all the technical documentation consulted and used for both the development of the maintenance plan and the implementation of the maintenance information system is presented.

The maintenance department is then formed using the proposed organizational structure, in which positions are established and roles and responsibilities assigned. The equipment used by the company is then characterized, which are analyzed to identify the level of criticality of the same. Subsequently, the maintenance plans of the most critical equipment are formed and the documentation required for the management of all the proposed maintenance activities is prepared.

Finally, the maintenance information system is selected and equipped with all the information collected and elaborated in the early stages of the project. Once all the data required by the program has been entered, all the output data used for maintenance management is obtained.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero Mecánico.

INTRODUCCIÓN

El cuerpo de bomberos voluntarios del municipio de San Vicente de Chucurí es una entidad comprometida con el bienestar de la comunidad, su principal función no se basa solo en la prevención o extinción de incendios, también se incluye la labor de asesorar e informar a las personas sobre su seguridad en cualquier situación de riesgo.

El crecimiento de esta empresa ha sido muy significativo, desde sus inicios hasta la actualidad ha logrado adquirir equipos de última tecnología que innovan y facilitan las técnicas utilizadas ante los llamados de emergencia, entre los que se destacan vehículos bomberiles y bombas de alta potencia necesarias para combatir incendios o inundaciones.

Con aras de contribuir en la mejora continua de esta institución se plantea el presente proyecto, en el que se propone la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria existente, mediante un sistema de información que administre, gestione y controle todas las actividades destinadas a comprobar y mantener el correcto funcionamiento de los equipos.

El siguiente informe inicia con el reconocimiento de la empresa en el que se muestra la estructura organizacional y operacional, las áreas de trabajo y localizaciones de los activos, junto con el estado actual del mantenimiento de los equipos involucrados.

Posteriormente se encuentra toda la fundamentación teórica consultada y requerida para la estructuración del departamento de mantenimiento, referente a la administración, los métodos y técnicas del mantenimiento utilizados en la actualidad. Después se muestra la conceptualización del sistema de información como una herramienta de apoyo en la planeación, organización, ejecución y control del plan de mantenimiento elaborado.

En el siguiente capítulo se hace la estructuración del departamento de mantenimiento, se propone la estructura organizacional, se asignan cargos, responsabilidades y funciones. Luego se realiza la caracterización de los equipos con los que cuenta la empresa y se hace el respectivo análisis de criticidad tanto para las máquinas como para los subsistemas de las máquinas críticas identificadas.

Seguidamente, con toda la información recopilada, recomendaciones del fabricante y asesoría de cada uno de los integrantes del cuerpo de bomberos, se elaboran los planes de mantenimiento de los equipos críticos, en los que se prioriza, detalla y especifica las actividades de mantenimiento de los subsistemas críticos encontrados para cada máquina.

El siguiente capítulo hace referencia al sistema de información de mantenimiento seleccionado previamente, se elabora la documentación y se muestran los formatos para ficha técnica, hoja de vida, lista de chequeo y carta de lubricación. De forma simultánea se presenta el MP software básico versión 10 como el sistema de información soporte para las actividades de mantenimiento, se observa el ingreso al programa, la interfaz gráfica, las funciones básicas y los módulos y submódulos para el ingreso de información.

Por último, se muestra la interface del ingreso de toda la información consultada y planteada para las máquinas, en la que se incluyen datos generales, especificaciones técnicas, lecturas de uso y descripción de las rutinas de limpieza, inspección, lubricación y ajuste o reemplazo.

1. CONDICIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DEL CBVSV.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la economía en el mundo se mueve bajo la influencia de mercados competitivos y la velocidad de respuesta ante cualquier necesidad o problema que se presente en la sociedad; por esta razón, las empresas han tenido que adoptar estrategias enfocadas a la producción o prestación de un servicio con un aumento en la seguridad, la calidad y la rentabilidad.

El compromiso que adopta una empresa al prestar un servicio con los usuarios o comunidad beneficiaria requiere tanto de la capacitación y alto desempeño del personal a cargo como del estado óptimo de cada una de las máquinas o activos que participan en el proceso, es por esto que el mantenimiento es uno de los pilares más importantes, ya que tiene la responsabilidad de garantizar disponibilidad y confiabilidad de todos los equipos involucrados.

El cuerpo de bomberos voluntarios del municipio de San Vicente de Chucurí es una empresa privada sin ánimo de lucro, la cual se encarga de proteger la vida, garantizar la seguridad y la atención integral de toda la comunidad. Son diversas las áreas de trabajo en las cuales se deben desempeñar cada uno de los integrantes del cuerpo de bomberos, lo que justifica el amplio número de llamados de emergencia que se reciben en la institución a diario.

Esta entidad en aras de prestar un mejor servicio a las personas inició la construcción de una edificación de cuatro pisos meses atrás como se observa en la Figura 1, la cual será la nueva sede del cuerpo de bomberos en el municipio y

estará dotada de amplios espacios para el desarrollo de cada una de las actividades referentes a la empresa.

Figura 1. Nueva sede cuerpo de bomberos voluntarios SVCH.

Fuente: CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ. Galería fotográfica de la entidad.

La apertura de la nueva sede simboliza innovación y calidad del servicio prestado por el cuerpo de bomberos voluntarios del municipio, proceso que requiere a su vez una buena planificación y ordenamiento de cada uno de los activos con los cuales cuenta la empresa, entre los que se destacan cinco vehículos, dos de los cuales se observan en la Figura 2, de derecha a izquierda, una camioneta 4x4 marca Toyota modelo 2008 de la línea Hilux y un carrotanque Freightliner modelo 2011, motor diésel Mercedes Benz, tanque de agua con capacidad de 2500 galones; los otros tres vehículos corresponden a un segundo carrotanque Freightliner modelo 2014, con referencias similares a las del primero, con excepción de una bomba Fox IV de 10 hp, la cual fue incorporada hace poco al vehículo; un tercer vehículo contra incendios Ford modelo 93 y una motocicleta Discover 125cc modelo 2014. Además de máquinas de diversas características,

(bombas, compresores, macaneadoras, etc.) implementos y herramientas utilizadas por el cuerpo de bomberos algunos de los cuales se observan en la Figura 3.

Figura 2. Vehículos cuerpo de bomberos voluntarios SVCH.

Fuente: CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ. Galería fotográfica de la entidad.

Figura 3. Kit de desinundación CBVSV

Fuente: CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ. Galería fotográfica de la entidad.

El poco tiempo restante debido a cada una de las actividades del día, la reorganización en la nueva sede y la falta de personal en la institución no han dado lugar para la creación del departamento de mantenimiento, razón por la cual, no se tiene documentación u hojas de vida de los equipos ni de las herramientas utilizadas en el proceso; por otro lado no se cuenta tampoco con un plan o estructuración de las labores y técnicas para mantener en buen estado las máquinas, ni instructivos para la verificación y chequeo diario de vehículos.

Hasta el momento no se han presentado inconvenientes de índole mayor y cada uno de los equipos ha funcionado cuando se necesitan, pero se hace necesario prevenir incumplimientos o fallas remotas en los equipos que luego proporcionen problemas mayores en la eficiente y correcta prestación del servicio.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La importancia del cuerpo de bomberos en un municipio y la correcta prestación de los servicios de seguridad, prevención y riesgo en la comunidad hace necesaria la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo, factor clave dentro de cualquier empresa, el cual, además de mantener cada uno de los activos en constante funcionamiento también reduce los sobrecostos que se generarían si un equipo importante fallara por técnicas incorrectas de mantenimiento. El mantenimiento correctivo es una técnica que hoy en día no debería utilizarse sin efectuar primero un análisis de criticidad, sin embargo, aún existen empresas que no miden la magnitud de lo que esta mala técnica implica, desde la reducción de la vida útil de los diferentes equipos hasta el incumplimiento por parte de la empresa ante un llamado de emergencia.

En el municipio de San Vicente de Chucurí, la empresa conformada por el cuerpo de bomberos es catalogada como una de las más importantes debido a todos los servicios que presta; para esta entidad, un sistema de información de mantenimiento sería un valor agregado, ya que se pasaría de una organización y planificación manual a un control totalmente sistemático en el cual se puede observar todas las especificaciones técnicas de cada una de las máquinas, asegurar la disponibilidad de los equipos, observar el estado actual y el funcionamiento de los mismos, adelantarse a la falla y así planear un buen seguimiento basado en inspecciones diarias o programadas.

La estructuración del departamento de mantenimiento en la sede del cuerpo de bomberos resulta primordial a su vez no solo para la empresa sino para la administración municipal, ya que, desde el plan de desarrollo territorial planteado por los diversos entes de gobierno, esta puede verse como una estrategia que permite el fortalecimiento generando capacidad para la prevención y respuesta ante una determinada situación de emergencia o desastre.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general. Cumplir a cabalidad con el propósito de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander empleando los diversos conocimientos y fundamentos adquiridos en el plan de estudios para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria de la nueva sede del cuerpo de bomberos de San Vicente de Chucurí.

1.3.2 Objetivos específicos

- Efectuar un reconocimiento de la empresa y verificar el estado actual de cada uno de los equipos y máquinas utilizados por el cuerpo de bomberos para la prestación del servicio.

- Identificar y hacer un listado de cada una de las máquinas a mantener mediante la codificación de las mismas.

- Recolectar información importante y especificaciones técnicas de cada una de las máquinas para la elaboración de las hojas de vida.

- Realizar un análisis de criticidad de los equipos utilizados por el cuerpo de bomberos con la finalidad de priorizar actividades e identificar los activos y componentes más críticos.

- Establecer un plan de mantenimiento preventivo para los activos del cuerpo de bomberos con la documentación pertinente al proceso que incluya manuales y catálogos, inventario, formato de órdenes de trabajo, rutinas de inspección diaria, cronograma de tareas de mantenimiento, cartas de lubricación y limpieza.

- Seleccionar un programa o sistema de información que se adapte a las condiciones de la empresa y permita llevar un estricto control de cada una de las tareas del departamento de mantenimiento.

- Implementar el plan de mantenimiento elaborado para la maquinaria del cuerpo de bomberos mediante el programa seleccionado.

1.4 GENERALIDADES DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ[1]

1.4.1 Fundación. La institución se fundó el 1 de mayo por los bomberos Carlos Ovalle Rodríguez, José de Jesús Rodríguez, Luis Francisco Gómez y Esteban Rangel, mediante personería jurídica No. 481 del año 1981 otorgada por la Gobernación de Santander. Quedó legalmente constituido para prestar el servicio público esencial a cargo del estado, para la "PREVENCION Y CONTROL DE INCENDIOS".

1.4.2 Marco legal. El Cuerpo de Bomberos Voluntarios de San Vicente de Chucurí, es una entidad cívica, sin ánimo de lucro de utilidad común, no gubernamental de carácter privado, integrada por personas naturales, enfocada en garantizar la seguridad y protección de la vida y el patrimonio de los habitantes del municipio. Nuestra responsabilidad es dirigir, coordinar y atender, en forma oportuna, las distintas emergencias relacionadas con incendios, explosiones y calamidades conexas. Se rige por la Constitución Nacional, por la ley 1575 de 2012 (ley del Sistema Nacional de Bomberos de Colombia), la resolución 3580 del 10 de diciembre de 2007 (Reglamento General administrativo, operativo y técnico, del Sistema Nacional de Bomberos de Colombia), el Régimen Disciplinario 953 (decreto 953), los Estatutos propios de la institución y demás normas concordantes.

1.4.3 Misión. Garantizar en el Municipio de San Vicente de Chucurí la prestación del servicio público esencial para la atención (prevención y control) de incendios,

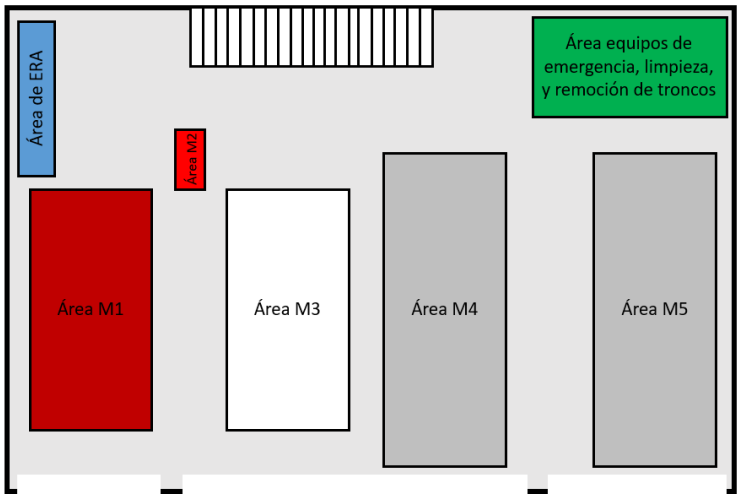
[1] ESPINOZA, Liseth. Cuerpo de bomberos voluntarios San Vicente de Chucurí. [En línea]. (Recuperado en 29 enero 2019). Disponible en: http://liseth93.wixsite.com/bomberossanvicente/untitled

de manera permanente, oportuna y eficiente para salvaguardar vidas y bienes, preservar el medio ambiente y apoyar a las demás instituciones en respuesta a otras emergencias.

1.4.4 Visión. Ser líderes en el 2021 de la dirección nacional de bomberos de Colombia, potencializando el espíritu del voluntariado, orientados por un proceso de mejoramiento continuo de innovación tecnológica, estimulando la prevención y la investigación a través de un modelo de gestión integral.

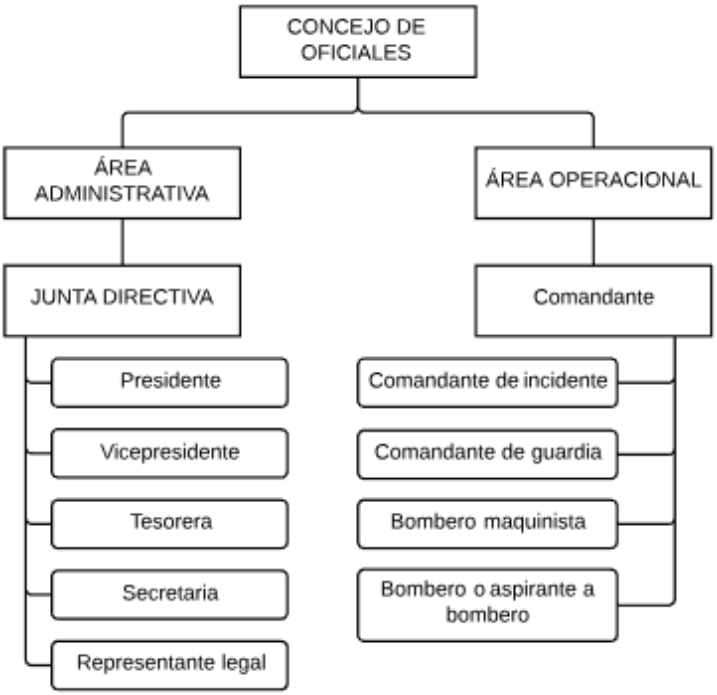
1.4.5 Estructura física. A continuación, en la Figura 4 se observa cada una de las áreas de localización física de los diversos equipos del CBVSV. Las áreas identificadas con la inicial M y un número que aumenta consecutivamente representa el área de cada uno de los vehículos automotor, en el área de ERA se encuentran los equipos de respiración autónoma y en el área de máquinas se ubican los equipos de emergencia, los de limpieza y los de remoción de troncos.

Figura 4. Áreas de los equipos, primera planta sede CBVSV



1.4.6 Estructura organizacional y operacional. A continuación, en la Figura 5 se observa la forma como está organizado el CBVSV.

Figura 5. Organigrama CBVSV



1.4.7 Áreas de trabajo. El cuerpo de bomberos tiene la labor de garantizar la seguridad de la comunidad, prestando atención eficiente y oportuna en cualquier tipo de incidente o llamado de emergencia. Los diversos servicios prestados por esta entidad se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Servicios prestados por el CBVSV

Accidente aéreo	Creciente súbita	Incendio forestal	Explosión
Accidente de tránsito	Quemas prohibidas	Incendio vehicular	Apoyo operativo
Avalancha	Deslizamiento	Inundación	Capacitaciones
Atención prehospitalaria	Actividades de prevención	Desabastecimiento de agua	Entrega de ayudas humanitarias
Búsqueda y recuperación de cuerpos	Acompañamiento de eventos masivos	Servicios especiales a la comunidad	Monitoreo fuentes hídricas
Rescate animal	Fuga de gas	Sismo	Sequía
Colapso	Falsa alarma	Traslado de paciente	Simulacros
Caída de árbol	Falla eléctrica	Vendaval	Verificaciones
Control de abejas	Incendio estructural	Desbordamiento	Otros

Fuente: CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ. Documentación técnica de la entidad.

1.4.8 Estado del mantenimiento. En la actualidad, el cuerpo de bomberos del municipio de San Vicente de Chucurí no cuenta a nivel organizacional con un departamento o área de mantenimiento y realiza todo el proceso administrativo de forma manual y empírica. Se tienen documentos de Excel con las especificaciones técnicas más importantes de algunas de las máquinas con las cuales cuenta la empresa, pero no se tiene un inventario con la totalidad de las mismas.

No existe un listado de actividades programadas de mantenimiento y algunas de las técnicas llevadas a cabo, principalmente en los camiones cisterna son ejecutadas por los mismos integrantes del cuerpo de bomberos basados en la propia experiencia o por modalidad outsourcing.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MANTENIMIENTO[2]

2.1 DEFINICIÓN

Es el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de acciones, operaciones y actitudes encaminadas a mantener, o restablecer un activo a un estado específico de desempeño productivo, que le permitan asegurar un servicio con calidad.

2.2 IMPORTANCIA

La vida de una máquina implica mantenimiento, dirigido, organizado o de alto nivel. La función del mantenimiento existe en la industria porque garantiza el éxito de las operaciones de la planta. Todas las máquinas, equipos e instalaciones, están sujetas en mayor o menor grado a la acción deteriorante de agentes climáticos (externos) o a la acción dañina de los agentes propios (internos).

2.3 CLASIFICACIÓN

2.3.1 Mantenimiento correctivo. Es aquel que se efectúa después que sucede la falla. Es decir que se permite que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así

[2] BORRAS, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento Material Docente. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 23-26

sucesivamente. Por lo general obliga a un riguroso conocimiento del equipo y las partes susceptibles a falla y a un diagnóstico acertado y rápido de las causas. Este se justifica solo si el equipo no se encuentra en un punto crítico del proceso ni ocasiona un serio trastorno en la producción.

2.3.2 Mantenimiento periódico. Es aquel que se realiza después de un período de tiempo generalmente largo (entre seis y doce meses). Este mantenimiento se practica por lo regular en plantas de procesos tales como las petroquímicas, azucareras, papeleras, de cemento, etc. y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.[3]

2.3.3 Mantenimiento programado. Según Botero, este se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes. En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y a través de él se determina con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo

.

2.3.4 Mantenimiento preventivo. Es el mantenimiento que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de las máquinas.

[3] BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1991. p.9

2.3.5 Mantenimiento predictivo. Es un conjunto de acciones o técnicas que consiste en predecir el estado de una máquina o equipo, mediante instrumentos de medición, los cuales ayudan a identificar diversos defectos cerca al momento de aparición, esto con el fin de monitorear, controlar y evitar que se convierta en un fallo mucho más grande y por ende una parada de emergencia. Para el presente proyecto se debe tener en cuenta una de las diversas técnicas especializadas, utilizadas en el mantenimiento predictivo como es el análisis de aceite por conteo de partículas metálicas.

2.3.6 Análisis de aceite. El papel que desempeña el aceite en una máquina es muy importante ya que este se encarga de reducir la fricción y además actúa como refrigerante al absorber calor de las diversas piezas metálicas. Analizar el aceite implica medir sus propiedades físicas y químicas, con lo cual se obtiene información relacionada con la contaminación y degradación del lubricante, es decir, la vida útil que le queda al aceite en relación con el correcto funcionamiento del equipo.

2.3.7 Norma ISO 4406 de 1999. Se utiliza para determinar el nivel de limpieza por contenido de partículas de un aceite. Este nivel se expresa mediante un código compuesto por tres dígitos. El primero corresponde al número total de partículas de tamaño superior a 4 micras por mililitro de fluido. El segundo corresponde al número total de partículas de tamaño superior a 6 micras por mililitro de fluido. El tercero corresponde al número total de partículas superiores a 14 micras por mililitro de fluido.[4] El valor absoluto del número, que puede variar entre 6 y 24, se refiere a la cantidad de partículas por mililitro como se observa en la Figura 6.

[4] BILBAO, M y MÁLAGA, A. Contaje de partículas. s.l: s.n., s.f. [En línea]. (Recuperado en 5 febrero 2019). Disponible en: lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Contaje_de_part%C3%ADculas_ES.pdf

Figura 6. Cantidad de partículas código de limpieza

Cuadro ISO 4406		
Número de Rango	Número de partículas por ml	
	Más de	Hasta e Incluso
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	1000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64

Fuente: GIRALDO, Rubén. Aceites hidráulicos y de lubricación, normas técnicas filtración. Medellín. Octubre 2006. (Recuperado en 5 de febrero 2019). Disponible en: www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%2040.pdf

En la Figura 7 se presentan los valores recomendados del nivel de limpieza que debe tener el aceite según sea aplicación hidráulica o de lubricación.

Figura 7. Valores recomendados para aplicaciones hidráulicas

APLICACIÓN HIDRÁULICA	
Componente	**Código ISO**
Servo válvula	16/14/11
Válvula proporcional	17/15/12
Bombas y motores de pistón	18/16/13
Cilindros hidráulicos	20/18/15
APLICACIÓN DE LUBRICACIÓN	
Rodamientos de bolas	15/13/11
Rodamientos de rodillos	16/14/2
Cajas de engranajes	17/15/13

Fuente: GIRALDO, Rubén. Aceites hidráulicos y de lubricación, normas técnicas filtración. Medellín. Octubre 2006. (Recuperado en 5 de febrero 2019). Disponible en: www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%2040.pdf

2.3.8 Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM).

Es una actividad de mantenimiento de la producción donde todo el personal se involucra activamente conservando y manteniendo la integridad de los recursos en perfecto estado para la producción. Busca la participación total de todos los empleados, la creación de mantenimiento autónomo por la actividad de operadores o pequeños grupos de trabajo en cada departamento y a cada nivel. Involucra activamente a todos en la participación del mantenimiento de la producción, desde la gerencia misma hasta los trabajadores del taller.

2.4 OUTSOURCING DEL MANTENIMIENTO

Se refiere al proceso de externalizar o dejar el mantenimiento de toda o parte de la planta en manos de una empresa exterior.[5] Es una alternativa para la gestión de activos con una tendencia creciente, debido a que en la actualidad el mantenimiento como punto estratégico para la rentabilidad y competitividad se enfoca en muchas más actividades o áreas de carácter tecnológico que no pueden abarcarse todas desde la misma empresa y debe recurrirse a terceros especializados en el ámbito requerido.[6]

Estos contratos externos son una alternativa interesante para las entidades que no tienen entre sus funciones o servicios principales el mantenimiento de sus activos y por ende tampoco cuentan con el personal o los medios técnicos para efectuar la reparación o seguimiento de sus máquinas.

---

[5] GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003. p. 173. ISBN 84-7978-548-9

[6] MARÍN, María; MARTÍNEZ, Wilson y OLMOS, Luis. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios. [Base de datos en línea]. Enero-diciembre 2015. Revista científica de la facultad de ingeniería *Cuaderno Activa*, 7(7), p.123-133. ISSN 202-8101. (Recuperado en 6 febrero 2019). Disponible en: http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/253

Existen diversas razones para tercerizar la gestión del mantenimiento a las cuales hace alusión García en la Figura 8. Para el presente proyecto se tendrá en cuenta que el personal existente no está capacitado en cada una de las áreas (eléctrica, mecánica, electrónica, mantenimiento) y además que algunos de los vehículos deben cumplir con los requerimientos de fabricante en cuanto a la garantía de los mismos.

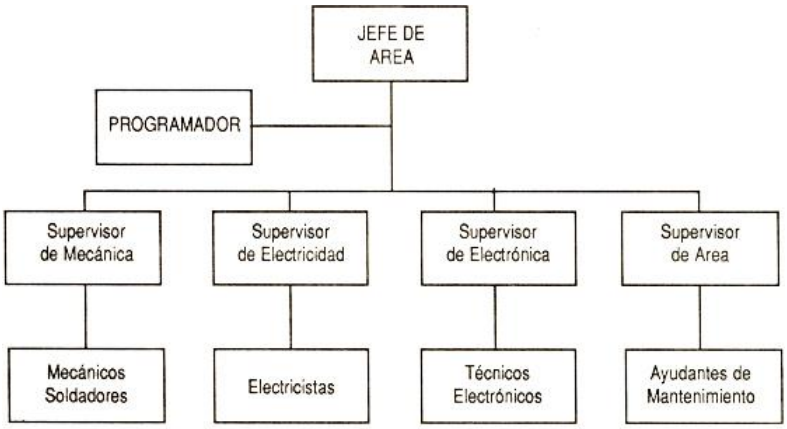
Figura 8. Razones para tercerizar el mantenimiento

Fuente: MARÍN, María; MARTÍNEZ, Wilson y OLMOS, Luis. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios. [Base de datos en línea]. Enero-diciembre 2015. Revista científica de la facultad de ingeniería *Cuaderno Activa*, 7(7), p.123-133. ISSN 202-8101. (Recuperado en 6 febrero 2019). Disponible en: http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/253

2.5 ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO[7]

El mantenimiento preventivo es una organización sistemática de lo que tradicionalmente se ha venido haciendo. Se debe planear con detalle la organización, para así definir con claridad el objetivo y las formas de alcanzarlo. Estas, al ser estudiadas, darán lugar a un programa de trabajo que tendrá incorporado los elementos de control necesarios. A continuación, se observa una idea de organigrama por áreas de mantenimiento en la Figura 9.

Figura 9. Organigrama ejemplo de un departamento de mantenimiento.



Fuente: BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: SENA, 2013. p.17

El ingeniero de mantenimiento debe planear y coordinar las actividades de su departamento para alcanzar los objetivos propuestos, debe determinar anticipadamente el lugar y el momento en que deben iniciarse y terminarse las operaciones necesarias para la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.[8] Se debe entonces tener en cuenta el siguiente orden:

[7] BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1991. p.11-22

[8] BORRAS, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento Material Docente. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p.94-96

- Determinar o estimar el tiempo calendario, que lleva cada actividad o subactividad del plan.

- Fijar la secuencia de las actividades según las prioridades predeterminadas.

- Elaborar la programación asignando personas, materiales, máquinas, equipos y demás recursos necesarios.

2.5.1 Programación del mantenimiento preventivo. Es una organización sistemática de lo que tradicionalmente se ha venido haciendo.

- Deberá hacerse una primera programación y contar en este momento con las siguientes fuentes de información: catálogos de fabricante manuales de fabricantes, planos levantados a la maquinaria, (si no existen) memorias de cálculo si se han realizado mejoras o reparaciones.

- Se puede llevar a cabo ahora, con esta información, una primera programación, respondiendo siempre, tanto para esta como para las futuras programaciones, las siguientes preguntas:

✓ ¿Qué hay que mantener?

✓ ¿Qué hay que hacer para mantenerlo en funcionamiento?

✓ ¿Cuándo y cada cuánto hay que hacerlo?

✓ ¿Cómo hay que hacerlo?

- ✓ ¿Qué personal se requiere para hacerlo?

- ✓ ¿Cuánto tiempo requiere hacerlo?

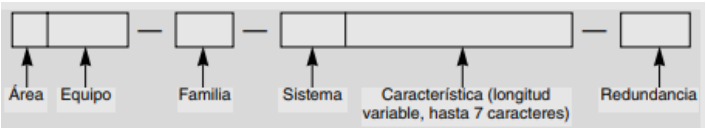
- Se tendrán ahora programadas por semana, las actividades de mantenimiento. Cuando llegue la semana en la cual haya que realizar una tarea, se expedirá una orden de mantenimiento que indique la ejecución de las actividades para la misma máquina. Esta deberá contener: nombre, código, localización, elemento que se va a mantener, actividad por realizar, quien debe realizarla, tiempo estimado de duración y un lugar en blanco donde la gente de producción colocará el día específico de la semana y la hora en la cual se adelantará dicho mantenimiento.

- Una vez concluidas las tareas, sobre el respaldo de la misma orden, o bien en un formato aparte, se colocarán observaciones acerca del tiempo real de duración, posibles correcciones a la frecuencia, métodos, herramientas, etc. A su vez, se informa acerca del estado del equipo, solicitando reparaciones o reposiciones inmediatas o posteriores.

2.5.2 Codificación de equipos. En el proceso de recopilación, fusión y análisis de datos para diversas industrias o plantas, es muy importante identificar cada uno de los equipos y registrarlos de forma sistemática con un código único en relación a la máquina, esto representa una mejora en la administración porque facilita la comunicación entre los operadores del departamento y además sirve como referencia en toda la documentación pertinente al sistema de gestión de mantenimiento.

Según García, un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo referido como es: el tipo de máquina, el área en el que está ubicado, familia a la que pertenece, y todos aquellos datos adicionales que se quiera incorporar, así como se muestra en la Figura 10.

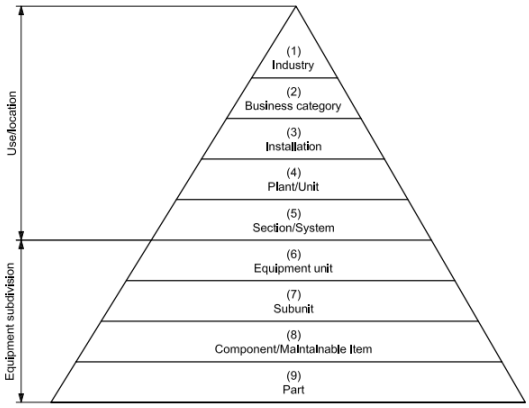
Figura 10. Estructura del código de un elemento



GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003. p. 173. ISBN 84-7978-548-9

Según la norma ISO 14224, la estructura que debe tener el código asignado a cada equipo o máquina dentro de una planta se basa en un orden o árbol jerárquico descrito en la Figura 11.

Figura 11. Clasificación taxonómica ISO 14224



Fuente: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO 14224:2016. Geneva, Switzerland: ISO, 2006. 30 p.

2.5.3 Descripción de la metodología del análisis de criticidad. En una compañía, las máquinas involucradas en cada uno de los procesos y labores no funcionan ni responde de la misma forma, lo que quiere decir que la importancia de cada una de estas desde el ámbito operacional, mantenible y por ende monetario es diferente. Por esta razón se hace necesario distinguir y clasificar cada uno de los equipos, debido a que los recursos con los que cuenta una empresa son limitados y por ende deben aprovecharse al máximo procurando invertir la mayor parte de estos en las máquinas más importantes para los procesos desempeñados o servicios prestados por la empresa.

Existen diversos métodos para llevar a cabo un análisis de criticidad distinguiendo de forma correcta los equipos que deben ser prioridad para una compañía, por ejemplo, el modelo de criticidad total por riesgo propuesto por Crespo y Parra, el cual se describe a continuación.

El modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR) es un proceso de análisis semicuantitativo, bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo.[9] A continuación, se presentan de forma detallada, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas a partir del modelo:

$$CTR = FF \times C$$

Dónde:

- CTR: Criticidad total por Riesgo

[9] PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. En: Diplomado ICOGAN. Ingeniería de Confiabilidad Operacional, Gestión de Activos y Mantenimiento (6 al 8 de diciembre 2017: Miami, Florida). [En línea]. (Recuperado en 9 octubre 2018). Disponible en: edoc.site/capitulo-vtecnicas-analisis-de-criticidad-2017-parra-crespo-pdf-free.html

- FF: Frecuencia de fallos
- C: Consecuencias de los eventos de fallos

Además, se supone que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Siendo:

- IO = Factor de impacto en la producción
- FO = Factor de flexibilidad operacional
- CM = Factor de costes de mantenimiento
- SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

La expresión final del modelo de priorización de CTR será la siguiente:

$$CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

La matriz de criticidad mostrada en la Figura 12 permite jerarquizar los sistemas en tres áreas: área de sistemas no críticos, (NC) área de sistemas de media criticidad, (MC) área de sistemas Críticos (C). En la matriz de nivel de criticidad, el primer factor FF representa el eje vertical y el factor restante el eje horizontal.

Figura 12. Matriz de criticidad.

Frecuencia					
4	MC	MC	C	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	MC	C
	10	20	30	40	50
	Consecuencia				

Fuente: PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. En: Diplomado ICOGAN. Ingeniería de Confiabilidad Operacional, Gestión de Activos y Mantenimiento (6 al 8 de diciembre 2017: Miami, Florida). [En línea]. (Recuperado en 9 octubre 2018). Disponible en: edoc.site/capitulo-vtecnicas-analisis-de-criticidad-2017-parra-crespo-pdf-free.html

En la Figura 13 se observan los valores correspondientes para cada factor, aplicados para determinar los componentes más críticos.

Figura 13. Evaluación de criterios y factores ponderados

criterios	Factores Ponderados				
Frecuencia de Fallos (FF)	4 frecuente: mayor a 2 eventos al año	3 promedio: 1 y 2 eventos al año	2 bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año	1 excelente: menos de 0,5 eventos al año	
Impacto Operacional (IO)	10 pérdidas de producción superiores al 75%	7 pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	5 pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	3 pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	1 pérdidas de producción menor al 10%
Flexibilidad Operacional (FO)	4 no se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	2 se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	1 se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños		
Costes de Mantenimiento (CM)	2 costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 1.500.000,00	1 costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 1.500.000,00			
Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)	8 riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos	6 riesgo medio de pérdida de vida, daños importante a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración	3 riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas	1 no existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales	

Fuente: RAMÍREZ, José. Criticidad y FMEA. Pamplona: Universidad de Pamplona, 2014. [En línea]. (Recuperado en 9 octubre 2018). Disponible en: jacekleszczynski.com/images/5147/Criticidad.pdf

3. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Uno de los propósitos fundamentales al crear el departamento de mantenimiento en cualquier empresa está relacionado con la implementación de un sistema de información con el cual se evalúe de forma rápida y eficiente el funcionamiento de las máquinas y equipos además del personal responsable en el área de trabajo.[10]

Es importante resaltar que el sistema de información no se refiere únicamente al software informático de mantenimiento, ya que son varios los elementos que deben interactuar entre sí para apoyar las diversas actividades del área como son: la computación, el análisis y tratamiento de la información junto con el factor humano.

El programa computarizado al que se hace referencia es un sistema de información para el departamento de mantenimiento el cual debe servir como herramienta de apoyo en la planeación, organización, ejecución y control de cada una de las actividades. Este se divide en diversos módulos, encargados de la entrada, almacenamiento, tratamiento y salida de la información.

3.1 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

- Inventario: Este módulo contiene una base de datos con el inventario de los materiales y repuestos de la empresa, permite llevar un control de los repuestos, insumos y herramientas relacionados con cada trabajo de mantenimiento.

- Personal: En este módulo se encuentra un listado con la información personal, la disponibilidad y experiencia de todos los integrantes del cuerpo de

[10]BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1991. 57p

bomberos. Además de un listado con los datos referentes a los proveedores de maquinaria destinada a labores de la institución.

- Equipos: En este módulo se encuentra toda la información acerca de las máquinas y equipos como ubicación, catálogos, hojas de vida, planos generales y específicos incluyendo partes y componentes, proveedores, planes de mantenimiento, historial de averías y su respectiva imagen para la correcta identificación.
- Documentación: En este módulo se encuentran los formatos para la creación de órdenes de trabajo, solicitud de materiales y repuestos, hojas de vida de las máquinas, informes y reportes en general.
- Costos: Este módulo muestra un balance general de los costos, presupuestos e inversiones de la empresa relacionados con el departamento de mantenimiento.
- Programación: Este módulo muestra el cronograma de las diversas rutinas de mantenimiento e inspecciones diarias y especiales que deben ser realizadas a cada uno de los equipos.

3.2 DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

Los formatos y papeles de trabajo cumplen un papel muy importante en el departamento de mantenimiento ya que toda la información recopilada debe ordenarse de forma adecuada para el tratamiento y generación de nuevos datos. A continuación, se listan algunos de los documentos que deben tenerse en cuenta a la hora de implementar el área de mantenimiento en una empresa.

- Hoja de vida: Es una ficha que debe tener cada equipo de una planta, ya que en esta se encuentra toda la información técnica necesaria para el correcto funcionamiento, montaje y mantenimiento del mismo. Algunos de estos datos son: el código y descripción general del equipo, especificaciones y condiciones

de funcionamiento (temperatura, presión, etc.), nivel de criticidad, modelo de mantenimiento a ejecutar (manual del fabricante) y repuestos críticos.

- Hoja de verificación: Puede describirse como una lista de chequeo creada con la finalidad de llevar un control en la ejecución de un conjunto de actividades repetitivas que deben realizarse a algunos equipos diariamente o antes de su operación. Este formato es muy importante porque ayuda a verificar cada una de las labores de mantenimiento de forma sistematizada y llevando un respectivo orden.

- Orden de trabajo (OT): Según García, la OT es el documento en el que el jefe de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Este formato debe contener el número de orden para la identificación de la misma, el nombre y código del equipo que se va a intervenir, la labor de mantenimiento a ejecutar, el personal encargado de realizar la actividad, los materiales y herramientas necesarias, la prioridad del trabajo, la fecha y hora de emisión de la orden además de la fecha y hora en la cual se debe realizar el trabajo.

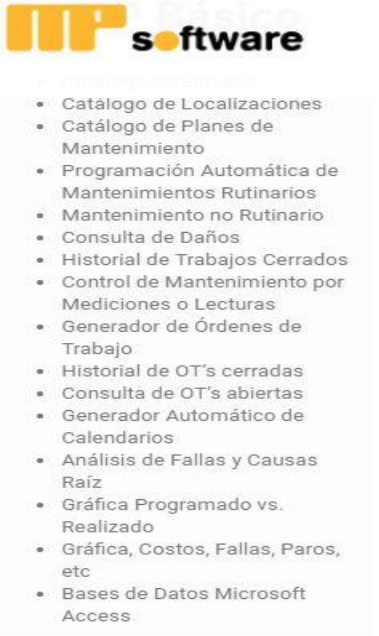
- Tarjeta maestra: Es un formato utilizado por algunas empresas para llevar los registros de equipo y encontrar con mayor facilidad las especificaciones exactas de la máquina, de las piezas, el nombre y dirección del fabricante. Tamaño, peso, lubricación, transmisión de potencia, elementos de protección o fecha de adquisición, además de la programación del mantenimiento correspondiente a las 52 semanas del año.

3.3 MP SOFTWARE

Es un CMMS o software para control y administración del mantenimiento que ayuda a mantener toda la información del departamento de mantenimiento

documentada, organizada y al día.[11] La alternativa para el presente proyecto es utilizar la versión gratuita de este software, la cual es muy completa y permite conocer los principales beneficios que se obtienen al administrar el departamento de mantenimiento de forma sistematizada los cuales se muestran en la Figura 14.

Figura 14. Características del MP básico



Fuente: MP SOFTWARE. [software para control y administración del mantenimiento]. MP básico, versión gratuita. Disponible para la descarga en: http://www.mpsoftware.com.mx/descarga_e_instrucciones/

Sin embargo, existen algunas restricciones con las bases de datos creadas en esta versión gratuita, ya que sólo se pueden operar en el equipo donde sean generadas, por tiempo ilimitado. Si en el futuro se desea migrar y trabajar con dichas bases de datos en otros equipos, será necesario comprar una licencia.

[11] MP SOFTWARE. [software para control y administración del mantenimiento]. MP básico, versión gratuita. Disponible para la descarga en: http://www.mpsoftware.com.mx/descarga_e_instrucciones/

4. ESTRUCTURACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ

Es importante y a la vez conveniente definir una estructura organizacional en la que se asignen responsabilidades y se establezcan cargos de acuerdo a un área o especialidad. Cada uno de los puestos de trabajo establecidos deben responder acertadamente a las necesidades del departamento de mantenimiento y por ende a las de la empresa, a su vez, las funciones de cada una de las personas deben ser claras y estar adecuadamente distribuidas.

No existen patrones fijos ni óptimos para la organización de una empresa, el modelo organizativo que involucra la asignación de tareas y definición de roles se establece de acuerdo a las necesidades o servicios prestados por la entidad involucrada. Aun así, puede decirse que el departamento en mención generalmente debe disponer de un jefe general del área de mantenimiento, un jefe de mantenimiento mecánico, un jefe de mantenimiento eléctrico y electrónico junto con todo el personal que ayuda en las diversas labores de cada sección.[12]

4.1 GESTIÓN DE CARGOS Y FUNCIONES EN LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO[13]

4.1.1 Jefe general de mantenimiento. Es la persona encargada del área de mantenimiento. Algunas de sus funciones principales son:

[12] GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003. p. 146. ISBN 84-7978-548-9

[13] BORRAS, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento Material Docente. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 70-85

- Gestionar el recurso humano mediante la correcta asignación y distribución de funciones de acuerdo a las habilidades requeridas para cada tarea.

- Planificar las labores de mantenimiento y elaborar los respectivos planes.

- Gestionar y controlar los recursos necesarios para cada labor de mantenimiento.

- Inspeccionar periódicamente que el trabajo realizado se efectúe de acuerdo al plan propuesto.

- Coordinar las diferentes programaciones elaboradas por las secciones de mantenimiento.

- Resolver los problemas que surgen repentinamente y situaciones de emergencia que se presenten en el día a día de la planta.

4.1.2 Supervisor de mantenimiento eléctrico y electrónico. Es el encargado del área en mención, se encarga de identificar, resolver y hacer las reparaciones requeridas cuando se presentan problemas en sistemas eléctricos o electrónicos. Sus funciones principales son:

- Ubicar y mantener en funcionamiento diversos equipos eléctricos.

- Reparar e instalar componentes de iluminación o equipos de distribución eléctrica.

- Detectar fallos y resolver averías presentes en sistemas eléctricos y electrónicos.

- Inspeccionar de forma detallada dispositivos, componentes eléctricos y electrónicos para verificar continuidad de electricidad, corriente y tensión haciendo uso de voltímetros y amperímetros garantizando así la seguridad de los sistemas.

4.1.3 Supervisor de mantenimiento mecánico. Es el encargado de reparar y realizar el mantenimiento periódico de vehículos automotores y diversas máquinas de uso industrial o comercial, por ende, deben conocer el funcionamiento de motores de combustión interna y estar familiarizados con cada uno de sus componentes o piezas. Sus principales funciones son:

- Realizar mantenimiento de rutina y revisiones periódicas a los equipos, que incluyen la limpieza y lubricación de las piezas o componentes de cualquier motor, la inspección y reemplazo de filtros de aire o aceite, la revisión de niveles de los fluidos como son el refrigerante, el líquido de frenos, el aceite del motor, etc.

- Examinar y diagnosticar las averías presentadas en las diversas máquinas.

- Reparar y reemplazar partes averiadas del vehículo mediante el desmonte y ajuste de las piezas del motor.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y SERVICIOS

La lista de funciones y servicios prestados por el cuerpo de bomberos se hace extensa si se detallan cada una de las clases de emergencia que pueden llegar a presentarse en el día a día. Sin embargo, a continuación, se tipifican las labores principales por las cuales se reciben llamados de alerta en la estación.

- Extinción de incendios: en términos generales un incendio puede ser estructural, forestal o vehicular. El de tipo estructural incluye casas, edificios, locales comerciales, plantas (materiales peligrosos), etc. y se produce principalmente por descuido humano. El de tipo forestal se refiere a la propagación del fuego sin control en terreno silvestre, el cual afecta combustibles vegetales como la flora y la fauna. Y el de tipo vehicular incluye como su nombre lo dice la aparición de fuego en cualquier medio automotor, provocado principalmente por fallas en el sistema eléctrico, este puede producir gases tóxicos emitidos por materiales sintéticos nocivos

- Labores de rescate, búsqueda y salvamento de personas en situaciones de siniestro (incendio, avalancha, derrumbe, accidente de tránsito, inundación, etc.).

- Retirada de elementos peligrosos, principalmente por las condiciones climáticas, puede presentarse la caída de árboles, troncos, líneas y tendidos eléctricos, en general cualquier cosa que amenace la seguridad de las personas.

- Servicios comunitarios como lavado de escenarios deportivos, limpieza de terrenos (sesgar y podar) y abastecimiento de agua.

- Actividades de prevención y monitoreo, capacitaciones, simulacros, acompañamiento de eventos masivos entre otras.

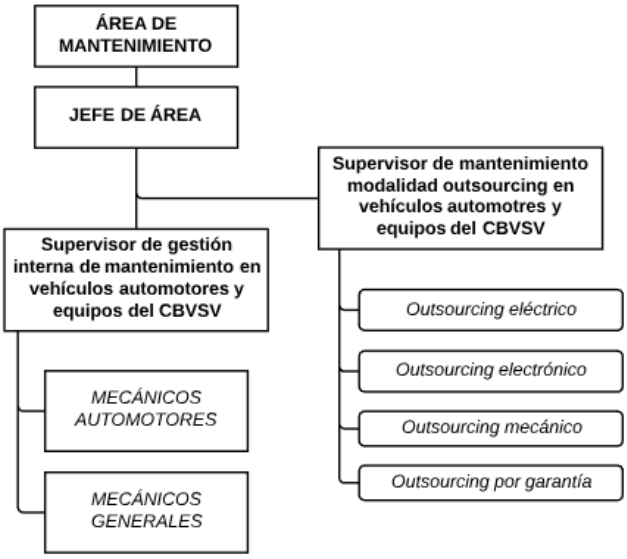
4.3 PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

En la Figura 15 se muestra la estructura organizacional de la división de mantenimiento propuesta para el cuerpo de bomberos, la cual es dirigida y controlada por un jefe de área o responsable máximo, el cual gestiona, organiza y planifica de forma integral el mantenimiento, lleva un estricto control en los costos atribuidos al área, se relaciona con los proveedores, establece prioridades y fija presupuesto. De él depende el supervisor de gestión interna de mantenimiento quien tiene a su cargo mecánicos generales y automotores

Cabe aclarar que la supervisión del mantenimiento en la modalidad outsourcing es una función extra del jefe de mantenimiento, este se encarga de coordinar y programar las labores de mantenimiento (mecánicas, eléctricas o electrónicas) mediante un contrato externo con la empresa encargada en el área.

El supervisor de gestión interna de mantenimiento es el encargado de planificar y ejecutar las rutinas de inspección, limpieza, lubricación y ajuste en los equipos y máquinas con ayuda del personal directo. Su trabajo se basa en verificar que las tareas se hagan cumpliendo con el programa estipulado y de forma correcta, para esto debe capacitar el personal, identificar habilidades y asignar funciones o roles adecuadamente.

Figura 15. Organigrama de mantenimiento



4.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS UTILIZADOS

El conocimiento y funcionamiento de cada uno de los equipos utilizados por el cuerpo de bomberos es primordial para la atención oportuna ante un llamado de emergencia por parte de la comunidad. Por este motivo, es de vital importancia describir las máquinas de acuerdo al área o la zona de funcionamiento, dado que cada una de ellas suple una necesidad y opera de forma distinta.

4.4.1 Vehículos automotores del CBVSV. Se cuenta con una flota compuesta por tres unidades bomberiles cada una de ellas destinada para la operación y extinción de incendios, transportan ciertas cantidades de agua y cuentan con diversas herramientas para intervención y rescate. Además, se tiene una camioneta y una moto para el transporte del personal en actividades diarias de acompañamiento como ceremonias o actos simbólicos, capacitaciones, actividades de recreación, charlas de prevención y educación.

4.4.2 Equipos de rescate. Corresponden a los equipos de respiración autónoma que deben utilizar los bomberos al momento de trabajar en una zona con poca cantidad de oxígeno o atmósferas contaminadas con gases tóxicos, humo o partículas. Este dispositivo consta de tres partes principales que son:

- El cilindro con aire comprimido
- El arnés o espaldera
- La careta o máscara

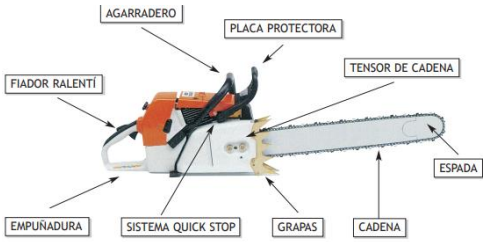
A grandes rasgos el funcionamiento del equipo consiste en abrir la válvula del cilindro manualmente para que el aire comprimido que está dentro pase por un regulador de primera etapa el cual reduce la presión de alta a media (entre 80 y 100 psi) hasta llegar a la máscara, un segundo regulador ubicado en la careta disminuye aún más la presión para que el aire pueda ser respirado por el usuario sin causar ningún daño (15,2 psi aproximadamente).

4.4.3 Equipos de emergencia. Son los principales dispositivos a la hora de apagar un incendio ya que de estos depende la cantidad de agua y la presión que se requiere para combatir el fuego. El conjunto de máquinas consta de una o más bombas con potencias que van desde los 6 hp hasta los 64 hp dependiendo de la emergencia, la magnitud y el área de la misma, su respectivo sistema de transporte compuesto por mangueras de 1 ½ - 2 ½ in, pistolas de agua, acoples, válvulas y demás equipo auxiliar. En diversos incendios forestales también es utilizada la guadañadora junto con otras herramientas que sirven para hacer la denominada línea de defensa, la cual consiste en eliminar todo lo que pueda servir de combustible vegetal y así crear una discontinuidad para el avance del fuego.

4.4.4 Equipo para remoción de troncos o árboles. Se utiliza normalmente la motosierra, en situaciones de emergencia cuando los árboles o ramas obstruyen

el paso hacia determinado lugar. El equipo de rescate utiliza las más potentes que sirven para intensidad alta de trabajo, sus partes principales se observan en la Figura 16. Las mismas están dotadas de un motor de combustión interna 2T que acciona una cadena formada por un conjunto de dientes de sierra y la hace girar a gran velocidad.[14]

Figura 16. Partes principales de la motosierra



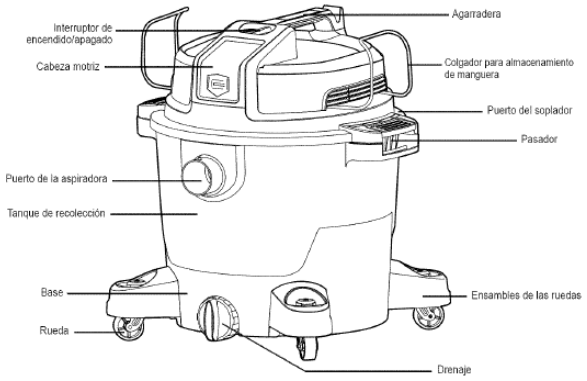
Fuente: INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL. Manual de prevención de riesgos laborales en el sector agrario: Navarra: I.G Castuera, s.f. [En línea]. (Recuperado en 22 febrero 2019). Disponible en: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/2AC4FF74-D58C-4B4B-990F-085F5915ED44/0/06unidad6.pdf

4.4.5 Equipos de limpieza y adecuación de espacios. Se refiere a todas aquellas máquinas que se utilizan dentro de la estación para rutinas de limpieza y adecuación tanto de vehículos como de espacios y áreas de trabajo. Entre estas se encuentran:

- Aspiradora: Se cuenta con una aspiradora craftsman diseñada no solo para aspirar material seco sino también húmedo, ideal para la limpieza y lavado de los diversos vehículos de trabajo, sus partes principales se observan en la Figura 17.

[14] INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL. Manual de prevención de riesgos laborales en el sector agrario: Navarra: I.G Castuera, s.f. [En línea]. (Recuperado en 22 febrero 2019). Disponible en: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/2AC4FF74-D58C-4B4B-990F-085F5915ED44/0/06unidad6.pdf

Figura 17. Partes principales de la aspiradora



Fuente: CRAFTSMAN. Manual de fabricante compresor de aire.

- Compresor: Normalmente se utiliza para limpieza de extintores (soplado de polvo químico acumulado en la boquilla), abastecimiento de aire a las llantas del móvil 2 y labores de pintura dentro de la estación.

- Hidrolavadora: Es un equipo que además de ser útil para servicio comunitario (lavado de canchas y escenarios deportivos) también sirve para la limpieza externa tanto de las unidades bomberiles como de las mangueras utilizadas en incendios, inundaciones, etc.

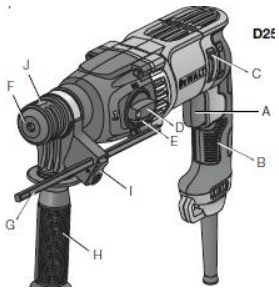
- Taladro: Es una herramienta de mano, utilizada para realizar agujeros en diversas labores de reparación, manufactura o mantenimiento de la nueva edificación y para la instalación de extintores en empresas externas. La estación cuenta con tres modelos, los cuales son eléctricos con cable. Las partes principales se encuentran descritas en la Tabla 2 y se relacionan directamente en la Figura 18.

Tabla 2. Partes principales de un taladro

A. Gatillo conmutador de velocidad variable.	F. Mandril
B. Mango principal.	G. Vástago de ajuste de profundidad.
C. Palanca de avance/retroceso.	H. Mango lateral.
D. Selector de modo.	I. Botón de parada de profundidad.
E. Botón selector de modo.	J. Anillo de bloqueo.

Fuente: DEWALT. Manual de fabricante taladro

Figura 18. Partes principales de un taladro



Fuente: DEWALT. Manual de fabricante taladro

4.5 IDENTIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA

Cada uno de los vehículos utilizados en la estación del cuerpo de bomberos descritos en la Tabla 3, cumple una función distinta de acuerdo a sus características. El móvil 1, fue la primera máquina contraincendios adquirida por la empresa y se utiliza para incendios estructurales ya que cuenta con dos bombas destinadas a trabajar a volumen y a presión respectivamente. El móvil 2 se utiliza para actividades o labores diarias de oficina. El móvil 3 se utiliza para transporte de funcionarios, personal del CBVSV, acompañamiento de eventos, charlas, emergencias y rescate en zonas de difícil acceso. El móvil 4 se utiliza

principalmente para abastecimiento de agua en veredas cercanas y apoyo en incendios estructurales y forestales junto con el móvil 5.

Tabla 3. Listado de vehículos automotores

EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
Móvil 1	**FORD**	**Línea** **F** **Cilindrada CC** 350 **Placa** OQS-012 **Modelo** 1993 **Combustible** Gasolina **Tanque agua** 357 gal **Bomba hale**	
Móvil 2	**BAJAJ**	**Línea** **Discover sport** **Cilindrada CC** 125 **Placa** RMU68 **Modelo** 2014 **Combustible** Gasolina	
Móvil 3	**TOYOTA**	**Línea** **Hilux** **Cilindrada CC** 2694 **Placa** ZVC221 **Modelo** 2008 **Combustible** Diésel	
Móvil 4	**FREIGHTLINER**	**Línea** M2 106 **Cilindrada CC** 6370 **Placa** ZVC219 **Modelo** 2011 **Combustible** Diésel **Bomba Barnes de 10 Hp**	
Móvil 5	**FREIGHTLINER**	**Línea** M2 106 **Cilindrada CC** 6370 **Placa** HHL890 **Modelo** 2014 **Combustible** Diésel **Tanque agua** 2500 gal **Bomba Fox de 64 Hp**	

Los equipos de emergencia mostrados en la Tabla 4 se utilizan en incendios e inundaciones. Las dos motobombas descritas inicialmente están adaptadas al móvil 4 y al móvil 5 respectivamente, además con cada uno de estos vehículos debe ir otra motobomba para surtir de agua el tanque de cada camión, normalmente se utilizan las de marca Barnes (6,5 Hp o 10 Hp). Las motobombas Mark-3, Mini-Striker y las de espalda son usadas principalmente en incendios forestales ya que son livianas y se pueden desplazar con mayor facilidad. Las motobombas restantes se utilizan para desalojo de agua en inundaciones.

Tabla 4. Listado de equipos de emergencia

EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICAS		FOTOGRAFÍA
Motobomba del móvil 4	BARNES	Motor 4T, 1 cilindro	Bomba	
		Marca Hi-Force	Tipo: Centrífuga monobloque	
		Cilindrada 418 cc	Modelo Barnes	
		Pot máx.: 10 HP	P máx: 100 psi	
		Velocidad: 3600 rpm	Succión: 3”	
		Combustible: Diésel	Descarga: 3”	
		Volumen combustible 5,5 L	Flujo máx 190 gpm	
		Arranque retráctil	Peso: 75 kg	
		Se cuenta con tres equipos iguales		
Motobomba del móvil 5	ROSENBAUER	Motor 4T, 3 cilindros	Bomba	
		Marca BRP Rotax	Tipo: Centrífuga de 1 etapa	
		Volumen combustible 20 L	Modelo FOX	
		Pot máx: 64 HP	P máx: 218 psi	
		Accionamiento directo	Succión: 4,5”	
		Cilindraje: 900 cc	Descarga: 2,5”	
		Sistema lubricación: Aceite sintético	Peso: 166 kg Flujo máx 555 gpm	

Motobomba	WATERAX	Motor 2T, 1 cilindro Marca: Rotax Volumen combustible: 20 L Pot máx: 10 HP Combust.: Gasolina Cilindraje: 185 cc Sistema Arranque: Partidor rebobinable	Bomba horizont. Tipo: Centrífuga de cuatro etapas Modelo: Mark-3 P máx: 380 psi Succión: 2” Descarga: 1,5” Peso: 26 kg Flujo máx 98 gpm	
Motobomba	WATERAX	Motor 4T, 1 cilindro Modelo: Honda GXH50 Volumen combustible: 1,2 L Pot máx: 2,5 HP V aceite: 0,25 L Cilindraje: 49,4 cc Sistema Arranque: Partidor rebobinable	Bomba Tipo: Centrífuga de una etapa Modelo: Mini Striker P máx: 85 psi Succión: 1,5” Descarga: 1,5” Peso: 9 kg Flujo: 68 gpm	
Motobomba	BARNES	Motor 4T,1 cilindro Marca Kohler Cilindrada 196 cc Pot máx 6,5 HP Velocidad: 3600 rpm Combustible: Gasolina Volumen combustible: 3,6 L Arranque retráctil	Bomba Tipo: Centrífuga monobloque Modelo HD 1.5 65-KL P máx 90 psi Succión: 1,5” Descarga: 1,5” Flujo máx 84 gpm Peso: 37 kg	
Motobomba	MOTOBORDA	Motor 4T, 1 cilindro Marca: Power master Cilindrada 196 cc Pot máx 6,5 HP Velocidad: 3600 rpm Combustib.: Gasolina Volumen combustible 3,6 L	Bomba Tipo Centrífuga Marca Motoborda P máx 50 psi Succión: 1,5” Descarga: 1,5” Flujo máx 80 gpm	

Motobomba	BARNES	Motor 4T, 1 cilindro Marca: Kohler Volumen combustible: 3,6 L Pot máx: 6,5 HP Velocidad: 3600 rpm Arranque retráctil Bomba Tipo: Centrífuga autocebante Modelo: AG 3 65-KL P máx: 40 psi Succión: 3” Descarga: 3” Máx. 225 gpm	
Motobomba	MULTINOX	Motor Eléctrico trifásico 220/440 V Marca: Weg Pot máx 7,5 HP Velocidad 3500 rpm Bomba Tipo: Centrífuga de 16 etapas Modelo: VM40-340-7.5TW P máx: 40 psi Succión: 1,5” Descarga: 1,5” Máx 48 gpm	
Motobomba de espalda	KOBRA	Motor 2T Volumen combustible: 0,6 L Potencia máxima 1,5 HP Cilindrada: 26 cc Arranque retráctil Bomba Tipo: Dúplex de pistón Modelo: TF-900 P máx: 380 psi 2 gpm	
Motobomba de espalda	ROBIN	Motor 2T Volumen combustible: 0,6 L Pot máx 1,5 HP Cilindrada: 26 cc Arranque retráctil Bomba Tipo: Dúplex de pistón Modelo: RS 937 P máx: 380 psi 2 gpm	
Desmalezadora	SHINDAIWA	Modelo: SM45 Motor 2T, 1 cilindro, enfriado aire Cilindrada: 41,5 cc Potencia máx.: 2,3 Hp, 7500rpm Vol. Combustible: 1 L Peso: 8 kg **Se cuenta con dos máquinas iguales.**	

El equipo de rescate descrito en el numeral 4.4.2 se puede observar en la fotografía de la Tabla 5 en la cual se aprecian sus partes principales junto con sus especificaciones técnicas.

Tabla 5. Equipo de rescate

EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
Equipo de respiración autónoma (ERA)	SURVIVAIR	Presión nominal cilindro: 2216 psi Volumen de aire: 45 scf / 1245 L Regulador 1ra etapa: Envía al manómetro 100 psi menos que la presión nominal y entre 80 y 100 psi al regulador de 2da etapa Regulador 2da etapa: 15,2 psi **Se cuenta con 4 equipos iguales.**	

En la Tabla 6 se describen todas las motosierras con las que cuenta la estación, desde el modelo más reciente (Stilhl MS 250) hasta el más antiguo (Stilhl 08). Estas se utilizan para remover troncos caídos en épocas de invierno y para podar árboles o cortar ramas excesivas que interfieren en las actividades cotidianas.

Tabla 6. Listado de equipos para remoción de troncos o árboles

EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
Motosierra	STIHL	Modelo MS 250, 50 cm Motor 2T, 1 cilindro Potencia: 3,1 HP Cilindrada: 45,4 cc Vol. combustible (gasolina) : 0,47 L Vol. aceite: 0,2 L	
Motosierra	STIHL	Modelo MS 250, 40 cm Motor 2T, 1 cilindro Potencia: 3,1 HP Cilindrada: 45,4 cc Vol. combustible (gasolina) : 0,47 L Vol. aceite:0,2 L	

Motosierra	STIHL	Modelo MS 310, 63 cm Motor 2T, 1 cilindro Potencia: 4 HP Cilindrada: 56,5 cc Vol. combustible (gasolina) : 0,56 L Vol. aceite:0,33 L	
Motosierra	STIHL	Modelo 08 S, 53 cm Motor 2T, 1 cilindro Potencia: 3,8 HP Cilindrada: 60,3 cc Vol. combustible (gasolina) : 0,76 L Vol. aceite:0,34 L	
Motosierra	HUSQVARNA	Modelo 445, 33 cm Motor 2T, 1 cilindro Potencia: 2,8 HP Cilindrada: 45,7 cc Vol. combustible (gasolina) : 0,45 L Vol. aceite: 0,26 L	

Los equipos mostrados en la Tabla 7 son utilizados principalmente dentro de la estación para limpieza y adecuación tanto de las instalaciones como de las unidades bomberiles.

Tabla 7. Equipos de limpieza y adecuación de espacios

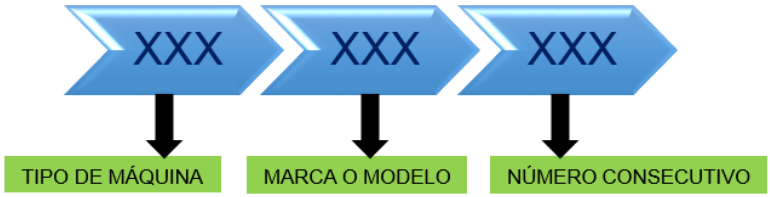
EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
Aspiradora	CRAFTSMAN	No. Modelo: 113,177611 Capacidad: 16 gal/60,6 L Potencia: 6 HP	
Compresor	CRAFTSMAN	Bomba de impulsión directa Motor 1 HP (Inducción) Vol. aceite: 90 ml Vol. aire : 12 gal/45,4 L Presión máxima: 125 psi 2,4 SCFM @ 90 psi Potencia teórica = 0,94 Hp	

Compresor	Ensamblado artesanalmente	Potencia calculada experimentalmente V=125 [V] e I=12,5 [A] $\boldsymbol{Potencia = VxI}$ Potencia = 1562,5 W / 2,1 Hp	
Hidrolavadora	-	Motor OHV, 4T, marca GPM Ref.: 485-GE65 Potencia nominal: 4 kW/5,4 HP Cilindrada: 208 cc Volumen combustible: 3,6 L Vol. aceite:0,6 L Refrigerado por aire Arranque manual	
Taladro	BLACK AND DECKER	No registra datos	
Taladro	DEWALT	Modelo: DWD 110 Potencia: 0,9Kw/1,2 HP Velocidad: 2500 rpm Voltaje: 120V Frecuencia: 50-60 Hz	
Taladro	DEWALT	Modelo D25133-B3 Potencia: 0,8Kw/1,1 HP Velocidad: 1500 rpm Voltaje: 120 V Frecuencia: 50-60 Hz	

4.6 CODIFICACIÓN DE ACTIVOS

Los equipos del CBVSV son identificados al interior de la empresa por su nombre completo y algunas de sus características, por tal razón, se realiza un diseño alfanumérico sencillo mostrado en la Figura 19 para la asignación de códigos únicos a cada una de las máquinas correspondientes. El primer conjunto de caracteres describe el tipo de máquina al cual se hace referencia, (vehículo bomberil, motor, bomba, etc.) el segundo conjunto de caracteres indica la marca o el modelo del equipo según sea conveniente (Barnes, Toyota, Stihl, etc.) y el tercer conjunto de caracteres corresponde a dos números de orden consecutivo.

Figura 19. Código alfanumérico para los activos



Teniendo en cuenta la plantilla y las características de los activos, el sistema de codificación para los equipos (vehículos y máquinas) queda implementado como se observa la Tabla 8 y en la Tabla 9 respetando algunas nomenclaturas ya establecidas por la empresa.

Tabla 8. Codificación de los equipos del CBVSV

No.	EQUIPO	CÓDIGO
01	**Motobomba centrífuga del móvil 4. Barnes de 10 Hp**	M4-MB-BN-01
02	**Motobomba centrífuga Barnes de 10 Hp**	MB-BN-02
03	**Motobomba centrífuga Barnes de 10 Hp**	MB-BN-03
04	**Motobomba centrífuga Barnes de 6,5 Hp**	MB-BN-04
05	**Motobomba centrífuga Barnes autocebante de 6,5 Hp**	MB-BN-05

06	**Motobomba centrífuga del móvil 5. FOXIV de 64 Hp**	M5-MB-FX4-01
07	**Motobomba centrífuga Mark-3 de 10 Hp**	MB-MK3-01
08	**Motobomba centrífuga Mini-Striker de 2,5 Hp**	MB-STR-01
09	**Motobomba centrífuga Motoborda de 6,5 Hp**	MB-MTB-01
10	**Motobomba centrífuga multietapa Multinox de 7,5 Hp**	MB-MTN-01
11	**Motobomba de espalda Kobra de 1,5 Hp**	MBE-KB-01
12	**Motobomba de espalda Robin de 1,5 Hp**	MBE-RB-01
13	**Desmalezadora Shindaiwa de 2,3 Hp**	DMZ-SHD-01
14	**Desmalezadora Shindaiwa de 2,3 Hp**	DMZ-SHD-02
15	**Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi**	ERA-SVV-01
16	**Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi**	ERA-SVV-02
17	**Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi**	ERA-SVV-03
18	**Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi**	ERA-SVV-04
19	**Motosierra Stihl 250C de 50 cm**	MS-ST250C-01
20	**Motosierra Stihl 250 de 40 cm**	MS-ST250-01
21	**Motosierra Stihl 310 de 63 cm**	MS-ST310-01
22	**Motosierra Stihl 08 de 53 cm**	MS-ST08-01
23	**Motosierra Husqvarna 445 de 33 cm**	MS-HQV445-01
24	**Aspiradora Craftsman de 6 Hp**	AP-CFM-01
25	**Compresor Craftsman de 0,94 Hp**	CP-CFM-01
26	**Compresor ensamblado artesanalmente de 2,1 Hp**	CP-ART-01
27	**Hidrolavadora, motor GPM de 5,4 Hp**	HLV-GPM-01
28	**Taladro Black and Decker**	TL-BLD-01
29	**Taladro Dewalt 110 de 1,2 Hp**	TL-DW110-01
30	**Taladro Dewalt 25133-B3 de 1,1 Hp**	TL-DW133-01

Tabla 9. Codificación de los vehículos del CBVSV

	EQUIPO	CÓDIGO
31	**Móvil 1.Vehículo bomberil Ford modelo 1993**	VB-FD-M1
32	**Móvil 2. Motocicleta Bajaj modelo 2014**	M-BJ-M2

33	**Móvil 3. Camioneta Toyota Hilux modelo 2008**	CM-TY-M3
34	**Móvil 4. Carrotanque de agua Freightliner modelo 2011**	CTQ-FGL-M4
35	**Móvil 5. Carrotanque de agua Freightliner modelo 2014**	CTQ-FGL-M5

4.7 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

4.7.1 Análisis de criticidad por riesgo en los equipos. Las dos labores principales en las cuales el cuerpo de bomberos voluntarios de San Vicente de Chucurí tiene mayor participación son: en incendios de tipo estructural o forestal y en inundaciones. Por esta razón, se considera que todas las máquinas relacionadas con estas actividades son las que deben evaluarse con mayor rigurosidad, ya que estas deben funcionar correctamente siempre y estar disponibles para cualquier tipo de emergencia. Al hacer el análisis de criticidad se definen entonces una serie de niveles con sus respectivos rangos de valores en los cuales serán clasificados cada uno de los equipos que son:

- No crítico: $3 \leq CTR \leq 64$
- Medianamente crítico: $65 \leq CTR \leq 130$
- Crítico: $131 \leq CTR \leq 200$

A su vez, se establecen unos parámetros de evaluación teniendo en cuenta los descritos anteriormente por Parra y Crespo, con la diferencia de que el segundo factor no impacta en la producción sino en los servicios principales prestados por la entidad. Teniendo en cuenta lo último, los aspectos a evaluar en cada uno de los equipos son los que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Factores de ponderación para cálculo de criticidad en los equipos del CBVSV

FRECUENCIA DE FALLAS (FF)	VALOR
Alta: Más de 2 fallas/año	4
Media: Entre 1 y 2 fallas/año	3
Baja: Entre 0,5 y 1 falla/año	2
Muy baja: Menos de 0,5 falla/año	1
IMPACTO EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO (IS)	**VALOR**
No se puede realizar el servicio.	10
Se afecta el rendimiento y la eficiencia de la operación dificultando la culminación del servicio.	7
Se realiza el servicio con novedades no previstas.	4
No afecta significativamente la ejecución del servicio.	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (IO)	**VALOR**
No se cuenta con equipos o unidades extra para ejecución del servicio.	4
Se cuenta con equipos y/o máquinas extra que logran suplir de forma parcial el impacto en la prestación del servicio, tiempos de mantenimiento y logística.	2
Se cuenta con más equipos y/o máquinas para prestar el servicio.	1
COSTO DE MANTENIMIENTO (CM)	**VALOR**
Valor mayor o igual a $1’500.000	2
Valor menor a $1’500.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE (ISAH)	**VALOR**
Riesgo alto laboral (pérdida de vida), daños graves a la salud y/o incidente ambiental.	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños considerables a la salud o incidente ambiental de difícil recuperación.	6
Riesgos menores, (ambiente y seguridad) recuperable a corto plazo, controlable.	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1

Teniendo en cuenta la tabla de factores, los rangos establecidos, los cálculos para obtener el valor de criticidad total por riesgo y la evaluación llevada a cabo en las máquinas de la empresa, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad para los equipos del CBVSV

No.	EQUIPO	IS	IO	CM	ISHA	Frecuencia de falla	Consecuencias	CTR
1	CM-TY-M3	10	4	2	6	4	48	192
2	CT-FGL-M4	10	4	2	6	4	48	192
3	CT-FGL-M5	10	4	2	6	4	48	192
4	ERA-SVV-01	10	4	2	8	3	50	150
5	ERA-SVV-02	10	4	2	8	3	50	150
6	ERA-SVV-03	10	4	2	8	3	50	150
7	ERA-SVV-04	10	4	2	8	3	50	150
8	MB-MTN-01	10	4	1	6	3	47	141
9	MB-MK3-01	7	4	1	6	4	35	140
10	MB-STR-01	7	4	1	6	4	35	140
11	HLV-GPM-01	7	4	1	3	4	32	128
12	MBE-KB-01	7	4	1	3	3	32	96
13	MBE-RB-01	7	4	1	3	3	32	96
14	MB-BN-04	7	2	1	6	4	21	84
15	MB-MTB-01	7	2	1	6	4	21	84
16	MB-BN-05	7	2	1	6	4	21	84
17	TL-BLD-01	3	10	1	1	2	32	64
18	MB-BN-02	7	2	1	6	3	21	63
19	MB-BN-03	7	2	1	6	3	21	63
20	MS-ST08-01	7	2	1	3	3	18	54
21	DMZ-SHD-01	7	2	1	3	2	18	36
22	DMZ-SHD-02	7	2	1	3	2	18	36
23	MS-ST250-01	7	2	1	1	2	16	32
24	MS-ST310-01	7	2	1	1	2	16	32
25	MS-HQV445-01	7	2	1	1	2	16	32
26	M-BJ-M2	1	1	1	3	4	5	20
27	VB-FD-M1	1	1	2	3	3	6	18
28	MS-ST250C-01	7	2	1	1	1	16	16
29	AP-CFM-01	1	4	1	1	2	6	12
30	CP-CFM-01	1	1	1	1	4	3	12
31	CP-ART-01	1	1	1	1	4	3	12
32	TL-DW110-01	1	10	1	1	1	12	12
33	TL-DW133-01	1	10	1	1	1	12	12

Del análisis de criticidad por riesgo realizado en cada una de las máquinas y de los resultados obtenidos, se puede apreciar que los activos a los cuales se les debe prestar mayor atención son en total diez y se observan en la Tabla 12.

Tabla 12. Equipos críticos del CBVSV

EQUIPO	CÓDIGO	CTR
Móvil 3. Camioneta Toyota Hilux modelo 2008	CM-TY-M3	192
Móvil 4. Carrotanque de agua Freightliner modelo 2011	CT-FGL-M4	192
Móvil 5. Carrotanque de agua Freightliner modelo 2014	CT-FGL-M5	192
Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi.	ERA-SVV-01	150
Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi.	ERA-SVV-02	150
Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi.	ERA-SVV-03	150
Equipo de respiración autónoma Survivair de 2216 psi.	ERA-SVV-04	150
Motobomba centrífuga multietapa Multinox de 7,5 Hp	MB-MTN-01	141
Motobomba centrífuga Mark-3 de 10 Hp	MB-MK3-01	140
Motobomba centrífuga Mini-Striker de 2,5 Hp	MB-STR-01	140

Cabe resaltar que cada uno de los dos vehículos cisterna de la estación y sus respectivas motobombas se analizaron en conjunto como un solo equipo, debido a que estas últimas son sistemas ya fijos adecuados para cada uno de los carrotanques.

4.7.2 Análisis de criticidad por riesgo en los sistemas de equipos críticos.

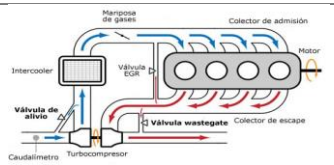
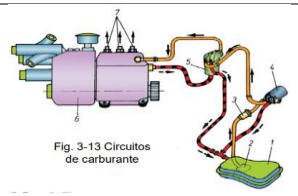
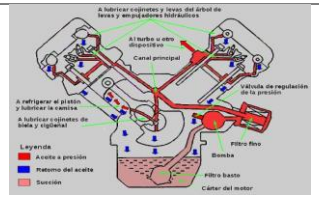
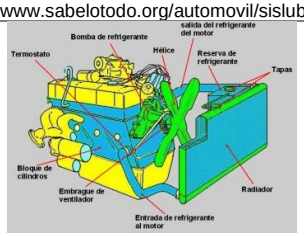
Lo que se busca es obtener de forma más específica, cuáles son las áreas o sistemas y subsistemas en cada uno de los equipos críticos que necesitan mayor atención. Basados en el mismo método y la ecuación de Crespo y Parra se definen en la Tabla 13 los nuevos criterios a evaluar.

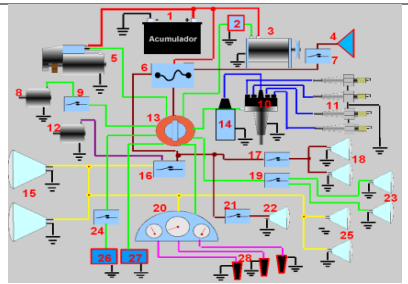
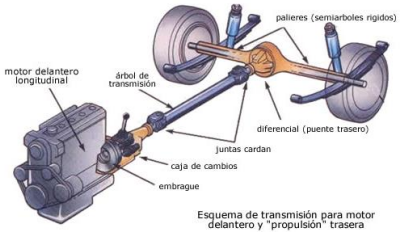
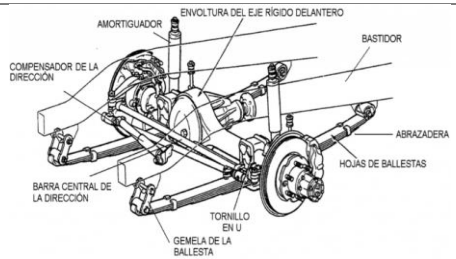
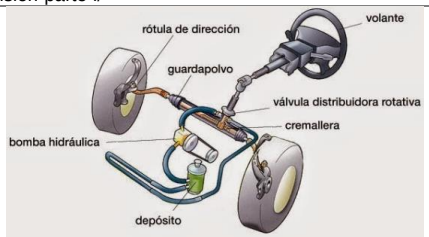
Tabla 13. Factores de ponderación para cálculo de criticidad en los sistemas de los equipos del CBVSV

FRECUENCIA DE FALLAS (FF)	VALOR	IMPACTO OPERACIONAL (IO)	VALOR
Alta: Más de 2 fallas/año	4	Parada inmediata del equipo.	10
Media: Entre 1 y 2 fallas/año	3	Parada del sistema o subsistema con repercusión en otros sistemas.	7
Baja: Entre 0,5 y 1 falla/año	2	Genera costos adicionales operacionales del equipo no previstos	4
Muy baja: Menos de 0,5 falla/año	1	No afecta significativamente el equipo y su operación.	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE (ISAH)	**VALOR**	**FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)**	**VALOR**
Riesgo alto laboral (pérdida de vida), daños graves a la salud y/o incidente ambiental.	8	No hay opción de operación del equipo. Repuesto no disponible.	4
Riesgo medio de pérdida de vida, daños considerables a la salud o incidente ambiental de difícil recuperación.	6	Función de repuesto compartido/almacén.	2
Riesgos menores, (ambiente y seguridad) recuperable a corto plazo, controlable.	3	Función de repuesto disponible.	1
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1		
COSTO DE MANTENIMIENTO (CM)	**VALOR**		
Valor mayor o igual a $1’500.000	2		
Valor menor a $1’500.000	1		

Los tres primeros equipos críticos corresponden al tipo de vehículo automotor, por lo tanto, la caracterización descrita en la Tabla 14, será similar a los sistemas principales que componen cualquier automóvil a excepción de dos sistemas adicionales de los cuales están provistos los camiones cisterna y se describen en la Tabla 15 y Tabla 16.

Tabla 14. Sistemas principales de un vehículo automotor.

SISTEMA	SUBSISTEMAS	COMPONENTES PRINCIPALES	ESQUEMA
MOTOR	Admisión y escape	Filtro de aire, turbocompresor, intercooler y válvulas.	 Fuente: www.aficionadosalamecanica.net/turbo2.htm
	Alimentación de carburante	Depósito, bomba de alimentación, filtros de carburante, válvulas, bomba de inyección e inyectores.	 Fuente: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entretenimiento-simple-del-automovil.pdf
	Lubricación	Cárter, bomba de aceite, válvula limitadora de presión, filtro de aceite y manómetro.	 Fuente: http://www.sabelotodo.org/automovil/sislubricacion.html
	Refrigeración	Depósito, radiador, bomba impulsora de refrigerante, termostato, ventilador, indicador de temperatura	 Fuente: http://www.sabelotodo.org/automovil/sisrefrigeracion.html

ELÉCTRICO	Generación y almacenamiento de energía, encendido, arranque e iluminación.	Batería, regulador de voltaje, alternador, motor de arranque, caja de fusibles, sistema de iluminación, tablero de instrumentos	 Fuente: http://www.sabelotodo.org/automovil/siselectrico.html
TRANSMISIÓN	Mecánica	Embrague, caja de velocidades, juntas cardán, árbol de transmisión, grupo cónico diferencial y palieres.	 Fuente: https://www.ro-des.com/mecanica/que-es-el-sistema-de-transmision/
SUSPENSIÓN	Neumática	Cojines o bolsas de aire	 Fuente: http://centralderepuestostr.com/tipos-sistema-suspension-parte-i/
	Eje rígido	.Muelles o resortes (ballestas), barras estabilizadoras y amortiguadores.	
DIRECCIÓN	Asistida o hidráulica	Volante y árbol de dirección, caja y engranajes de dirección (piñón y cremallera), válvula distribuidora rotativa, depósito, palancas y barras de dirección.	 Fuente: www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-hidra.htm

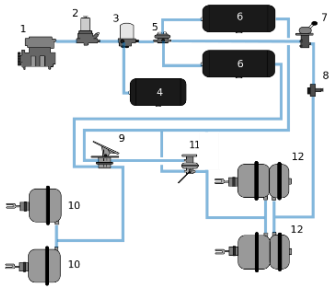
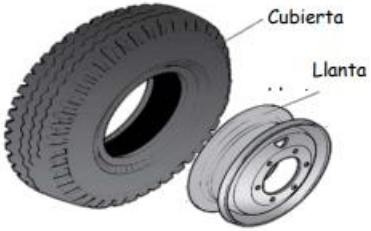
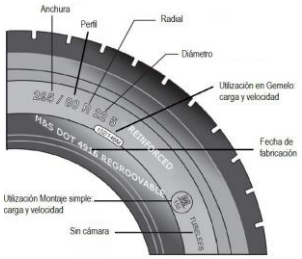
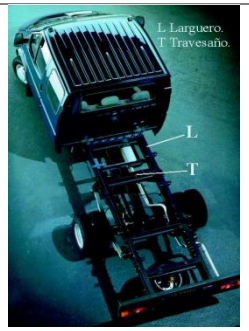
FRENOS	Neumático, de resorte (parqueo) y ABS	Manómetro, pedal y válvula control de freno (9), compresor (1) y filtro de aire, regulador de presión (2), calderín secador (3), depósito de regeneración (4), válvula de 4 vías (5), depósitos de aire comprimido (6), válvula de freno de mano (7), cámara de aire de frenos delanteros (10) y traseros (12)	
RUEDAS Y NEUMÁTICOS	-	 Fuente: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entretenimiento-simple-del-automovil.pdf	 Fuente: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entretenimiento-simple-del-automovil.pdf
ESTRUCTURA METÁLICA	Bastidor o chasis y carrocería	Capó, puertas, techo o capota, compuerta trasera.	 Fuente: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entretenimiento-simple-del-automovil.pdf

Tabla 15. Sistemas adicionales para los camiones cisterna

SISTEMA	SUBSISTEMAS	COMPONENTES PRINCIPALES	ESQUEMA
ABASTECIMIENTO DE AGUA	Depósito de almacenamiento y transporte	Tanque, tubo de acople a la bomba, válvulas de salida en la parte trasera inferior del tanque.	
	Bomba	Subsistemas y componentes descritos en la Tabla 16.	

Tabla 16. Sistemas principales de la motobomba FOXIV

SISTEMA		COMPONENTES PRINCIPALES	ESQUEMA
MOTOR BRP Rotax	Lubricación	Bomba, reservorio de aceite (sintético), filtro	
	Refrigeración (Refrigerante VOLVO)	Electroventilador, depósito, radiador, intercambiador de calor, (agua-agua) indicador de temperatura	
	Combustible	Filtro de aire, bomba de combustible, bujías, manguera, válvula de alimentación, filtro, tamiz del filtro de combustible y depósito de combustible.	Fuente: Manual de fabricante Rosenbauer

Eléctrico	Batería de 12 V, regulador de voltaje, alternador, motor de arranque, caja de fusibles, sistema de iluminación, tablero de instrumentos	
BOMBA CENTRÍFUGA Y BOMBA DE CEBADO	Armazón, sellos, impulsor, distribuidor, tapa de descarga y de succión	

Descritos los sistemas y subsistemas de los vehículos críticos, se evalúan cada uno de ellos de acuerdo a los criterios y rangos establecidos anteriormente, obteniéndose los valores de criticidad total por riesgo para el camión cisterna M4 en la Tabla 17. Los análisis de criticidad para el resto de vehículos críticos se encuentran en el Anexo A.

Tabla 17. Criticidad del móvil 4, carrotanque de agua Freightliner modelo 2011

	No.	COMPONENTE	SUBSISTEMA	IO	FO	CM	ISHA	FF	C	CTR
SISTEMA MOTOR	1	Filtro de aire	Admisión y escape	4	1	1	1	2	6	12
	2	Intercooler	Admisión y escape	7	4	2	6	1	36	36
	3	Turbocompresor	Admisión y escape	7	4	2	6	1	36	36
	4	Válvula de admisión	Admisión y escape	7	4	1	6	1	35	35
	5	Válvula de escape	Admisión y escape	7	4	1	6	1	35	35
	6	Depósito	Alimentación de carburante	4	4	1	3	1	20	20
	7	Bomba de transferencia	Alimentación de carburante	4	4	1	3	1	20	20
	8	Filtros	Alimentación de carburante	4	1	1	3	2	8	16
	9	Válvula antirretorno	Alimentación de carburante	4	1	1	3	1	8	8
	10	Válvula reguladora de presión	Alimentación de carburante	4	1	1	3	1	8	8
	11	Bomba de inyección	Alimentación de carburante	4	4	1	3	1	20	20
	12	Inyectores	Alimentación de carburante	7	4	1	3	1	32	32
	13	Aceite	Lubricación	7	1	2	3	2	12	24
	14	Cárter	Lubricación	7	4	2	3	1	33	33
	15	Bomba de aceite	Lubricación	4	4	1	3	1	20	20
	16	Válvula limitadora de presión	Lubricación	4	1	1	3	1	8	8
	17	Filtro de aceite	Lubricación	4	1	1	3	2	8	16
	18	Manómetro y elementos de control	Lubricación	4	1	1	3	1	8	8
	19	Depósito de refrigerante	Refrigeración	4	4	1	3	1	20	20
	20	Radiador	Refrigeración	7	4	2	3	1	33	33
	21	Bomba impulsora	Refrigeración	4	4	1	3	1	20	20
	22	Termostato	Refrigeración	4	1	1	3	1	8	8
	23	Ventilador	Refrigeración	4	1	1	3	1	8	8
	24	Indicador de temperatura	Refrigeración	4	1	1	3	1	8	8
	25	Líquido refrigerante	Refrigeración	7	1	1	3	2	11	22
	26	Sensor de temperatura	Refrigeración	4	1	1	3	1	8	8

(Continuación Tabla 17 Criticidad del móvil 4, carrotanque de agua Freightliner)

SISTEMA ELÉCTRICO	27	Interruptor on/off	Arranque	4	1	1	3	1	8	8
	28	Soleniode o relé	Arranque	4	2	1	3	1	12	12
	29	Motor de arranque	Arranque	7	4	1	3	1	32	32
	30	Alternador	Generación y almacenamiento	7	4	1	3	1	32	32
	31	Regualdor de voltaje	Generación y almacenamiento	4	1	1	3	1	8	8
	32	Correa	Generación y almacenamiento	7	4	1	6	1	35	35
	33	Batería	Generación y almacenamiento	7	4	1	3	2	32	64
	34	Interruptores	Alumbrado y seguridad	7	1	1	3	4	11	44
	35	Lámparas	Alumbrado y seguridad	7	2	2	6	3	22	66
	36	Caja de fusibles	Alumbrado y seguridad	7	4	1	3	4	32	128
	37	Tablero de instrumentos	Alumbrado y seguridad	7	4	2	6	2	36	72
	38	Sensores de instrumentos	Alumbrado y seguridad	7	2	1	6	2	21	42
	39	Bocina	Auxiliar	4	1	1	3	1	8	8
TRANSMISIÓN	40	Mecanismo de embrague	Transmision de potencia	7	4	2	6	4	36	144
	41	Caja de velocidades	Transmision de potencia	7	4	2	6	2	36	72
	42	Valvulina	Transmision de potencia	4	1	1	3	1	8	8
	43	Árbol de transmisión	Transmision de potencia	7	4	2	6	2	36	72
	44	Junta cardan	Transmision de potencia	7	4	1	6	2	35	70
	45	Junta elástica	Transmision de potencia	7	4	1	6	2	35	70
	46	Grupo cónico diferencial	Transmision de potencia	7	4	2	6	2	36	72
	47	Palieres	Transmision de potencia	7	4	2	6	2	36	72
DIRECCIÓN	48	Volante o timón	Dirección hidráulica	7	4	1	3	1	32	32
	49	Barra de dirección	Dirección hidráulica	7	4	2	6	1	36	36
	50	Caja de dirección	Dirección hidráulica	7	4	2	6	1	36	36
	51	Válvula distribuidora rotativa	Dirección hidráulica	4	1	1	3	1	8	8
	52	Depósito del líquido hidráulico	Dirección hidráulica	4	4	2	6	1	24	24
	53	Cilindro maestro	Dirección hidráulica	7	4	2	6	1	36	36
	54	Terminales de dirección	Dirección hidráulica	7	4	2	3	1	33	33
	55	Rótulas	Dirección hidráulica	7	1	1	3	1	11	11
SUSPENSIÓN	56	Ballestas	Suspensión mecánica	4	4	2	1	1	19	19
	57	Amortiguadores	Suspensión mecánica	4	4	1	1	1	18	18
	58	Barras estabilizadoras	Suspensión mecánica	4	4	2	1	1	19	19
	59	Barras de torsión	Suspensión mecánica	4	4	2	1	1	19	19
	60	Bujes	Suspensión mecánica	4	4	1	1	1	18	18
	61	Cojín o bombona de aire	Suspensión neumática	4	4	1	1	2	18	36
	62	Cojín de aire	Suspensión neumática	4	4	1	1	2	18	36
	63	Válvula de nivelación	Suspensión neumática	4	4	1	1	1	18	18

(Continuación Tabla 17 Criticidad del móvil 4, carrotanque de agua Freightliner)

SISTEMA DE FRENOS	64	Válvula control (Pedal de freno)	Frenos	7	1	1	6	1	14	14
	65	Compresor	Frenos	7	4	1	3	1	32	32
	66	Filtro del compresor	Frenos	4	1	1	3	1	8	8
	67	Regulador de presión	Frenos	4	1	1	3	1	8	8
	68	Calderín secador	Frenos	7	4	1	3	1	32	32
	69	Depósitos de aire comprimido	Frenos	4	4	2	3	1	21	21
	70	Válvula distribuidora de 4 vías	Frenos	4	1	1	3	1	8	8
	71	Cámaras de freno	Frenos	7	4	2	3	1	33	33
	72	Levas de accionamiento	Frenos	7	1	1	3	1	11	11
	73	Campanas	Frenos	7	4	2	3	1	33	33
	74	Rodamientos (rodajas)	Frenos	4	1	1	3	1	8	8
	75	Zapatas	Frenos	4	1	1	6	1	11	11
	76	Forro de zapatas	Frenos	4	1	1	3	1	8	8
	77	Resorte de retorno	Frenos	7	1	1	6	1	14	14
	78	Indicador de presión	Frenos	4	1	1	6	1	11	11
	79	Ajustador de tensión (Rash)	Frenos	7	1	1	6	1	14	14
ABASTECIMIENTO DE AGUA	80	Tanque de agua	Almacenamiento	7	1	2	3	1	12	12
	81	Válvula de descarga	Almacenamiento	4	1	1	1	1	6	6
	82	Tubo de acople a bomba	Transporte	4	1	1	1	1	6	6
	83	Mangueras	Transporte	7	1	2	6	2	15	30
	84	Sistema de lubricación	Motobomba	7	1	2	3	2	12	24
	85	Sistema de refrigeración	Motobomba	7	1	2	3	2	12	24
	86	Sistema de combustible	Motobomba	7	1	2	3	2	12	24
	87	Sistema de encendido	Motobomba	7	1	2	3	2	12	24
	88	Bomba centrífuga	Motobomba	4	4	1	3	3	20	60
	89	Bomba de cebado	Motobomba	4	4	1	1	3	18	54

De acuerdo a los resultados obtenidos con el análisis realizado en los camiones cisterna, se infiere que el sistema de transmisión y el eléctrico requieren especial atención en el móvil 4 al igual que el sistema de frenos y el de abastecimiento de agua en el móvil 5. Lo que quiere decir que los cuatro sistemas se deben analizar como si fueran críticos en un solo vehículo debido a que la única diferencia entre los dos camiones es el modelo, por lo tanto, se deben anticipar las fallas que presenta el modelo más antiguo en el modelo más nuevo y viceversa. Las partes críticas de cada uno de los sistemas se pueden apreciar en la Figura 20 y los porcentajes de criticidad para un solo camión se muestran en la Figura 21.

Figura 20. Partes críticas de sistemas en camiones cisterna

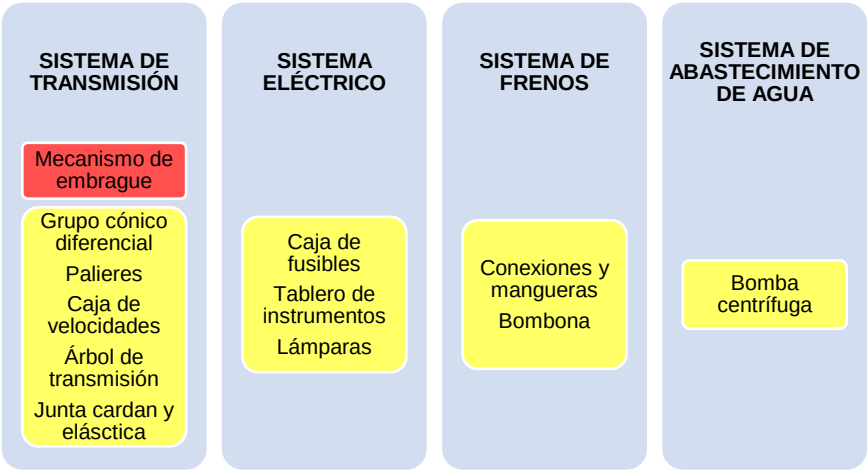
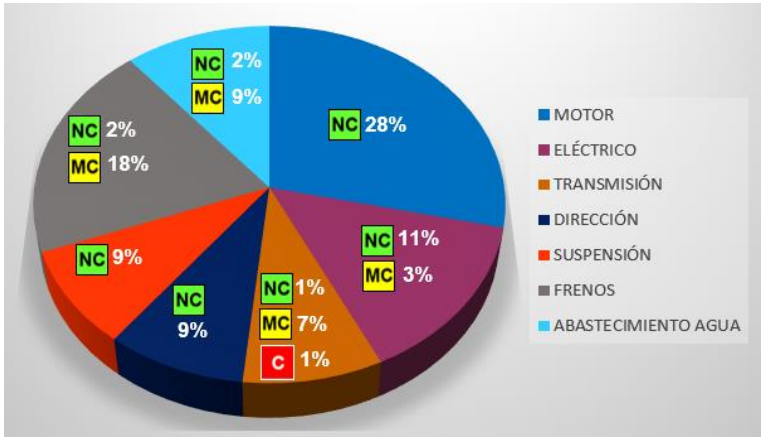


Figura 21. Porcentajes de criticidad de sistemas en un solo camión cisterna



En el caso de la camioneta los sistemas de suspensión, transmisión y dirección son los que requieren mayor atención debido a que la mayoría de componentes mostrados en la Figura 22, resultan ser medianamente críticos y unos pocos críticos por el número de fallas que han presentado en el último período de análisis. Los porcentajes se observan en la Figura 23.

Figura 22. Partes críticas camioneta Toyota Hilux

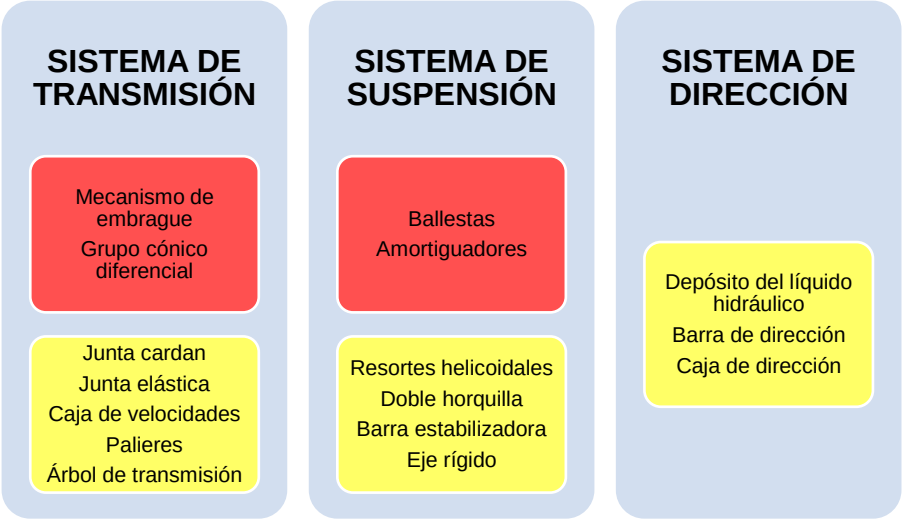
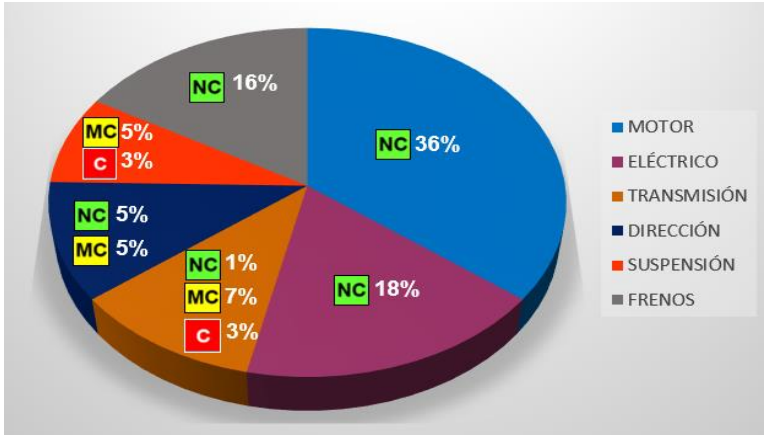
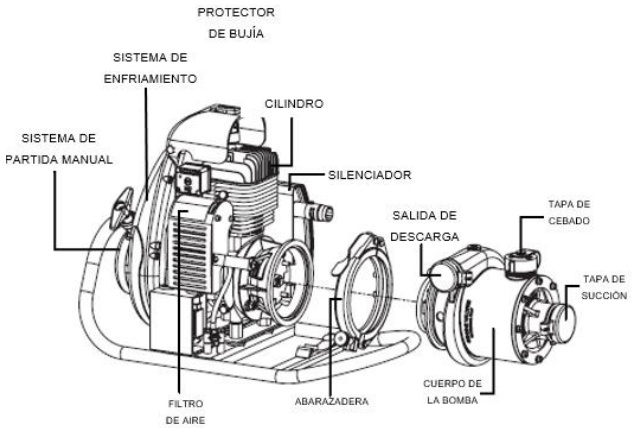


Figura 23. Porcentajes de criticidad de sistemas en la camioneta



A continuación, se observa en la Tabla 18 la caracterización en sistemas y componentes de la motobomba Mark-3. La caracterización de las otras dos bombas se puede encontrar en el Anexo B.

Tabla 18. Sistemas principales de la motobomba Mark-3

SISTEMA		COMPONENTES PRINCIPALES	ESQUEMA
MOTOR ROTAX 185	Lubricación por premezclado en el combustible.	Aceite para motor de 2T Súper. Relación 40:1	 Fuente: Manual de fabricante Waterax/Wildfire
	Refrigeración por aire.	Ventilador, caja del ventilador y rejilla de la toma de aire.	
	Combustible	Filtro de aire, carburador, bomba de combustible, bujía, manguera, válvula de alimentación, filtro, tamiz del filtro de combustible y tanque de combustible independiente.	
	Encendido	Resorte de reenrollado, cuerda de partida, trinquete, interruptor on/off, palanca de acelerador y palanca de ahogador.	
BOMBA		Armazón, sellos de goma, abrazadera, rodamientos, impulsor, distribuidor, amortiguador de acoplamientos, tapa de descarga, succión y cebado.	

A partir de los sistemas y componentes principales de los equipos de emergencia (motobombas y electrobomba) se obtienen los valores de criticidad total por riesgo para la Mark-3 en la Tabla 19. El análisis de criticidad para las otras dos bombas se puede encontrar en el Anexo C.

Tabla 19. Criticidad motobomba Mark-3

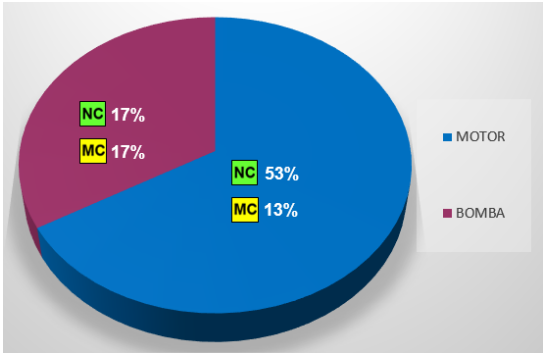
	No.	COMPONENTE	SUBSISTEMA	IO	FO	CM	ISHA	FF	C	CTR
SISTEMA MOTOR	1	Carburador	Alimentación de carburante	7	2	1	3	3	18	54
	2	Bujía	Alimentación de carburante	7	2	1	6	4	21	84
	3	Mangueras y conexiones	Alimentación de carburante	7	2	1	6	4	21	84
	4	Depósito	Alimentación de carburante	7	4	1	3	2	32	64
	5	Bomba de combustible	Alimentación de carburante	7	4	1	3	2	32	64
	6	Filtro de ventilación	Alimentación de carburante	4	2	1	3	3	12	36
	7	Válvula de alimentación	Alimentación de carburante	4	2	1	3	2	12	24
	8	Filtro de combustible	Alimentación de carburante	4	1	1	3	3	8	24
	9	Tamiz del filtro de combustible	Alimentación de carburante	7	2	1	3	4	18	72
	10	Aceite	Lubricación	7	1	1	3	4	11	44
	11	Ventilador	Refrigeración	4	4	1	3	2	20	40
	12	Caja del ventilador	Refrigeración	4	4	1	1	2	18	36
	13	Rejilla de toma de aire	Refrigeración	4	4	1	1	3	18	54
	14	Filtro de aire	Refrigeración	7	2	1	3	4	18	72
	15	Resorte de enrollado	Encendido	4	2	1	1	3	10	30
	16	Cuerda de partida	Encendido	4	2	1	1	3	10	30
	17	Trinquete	Encendido	4	2	1	3	2	12	24
	18	Interruptor on/off	Encendido	4	2	1	3	2	12	24
	19	Palanca de acelerador	Encendido	4	4	1	3	2	20	40
	20	Palanca de ahogador	Encendido	4	4	1	3	2	20	40
BOMBA	21	Armazón	Bombeo	4	4	1	3	2	20	40
	22	Sellos de goma	Bombeo	7	4	1	3	4	32	128
	23	Abrazadera	Bombeo	7	2	1	3	4	18	72
	24	Rodamientos	Bombeo	7	4	1	3	3	32	96
	25	Impulsor	Bombeo	7	4	1	3	3	32	96
	26	Distribuidor	Bombeo	7	2	1	3	3	18	54
	27	Amortiguador de acoplamientos	Bombeo	4	4	1	3	2	20	40
	28	Tapa de descarga	Bombeo	4	2	1	3	2	12	24
	29	Tapa de succión	Bombeo	4	2	1	3	2	12	24
	30	Tapa de cebado	Bombeo	4	2	1	3	2	12	24

De los resultados obtenidos se encuentran medianamente críticos algunos componentes del motor y de la bomba los cuales se muestran en la Figura 24. Los porcentajes se observan en la Figura 25.

Figura 24. Partes críticas de la bomba Mark-3

SISTEMA MOTOR	SISTEMA BOMBA
Bujía	Sellos de goma
Mangueras y conexiones	Rodamientos
Tamiz del filtro de combustible	Impulsor
Filtro del aire	Abrazadera

Figura 25. Porcentajes de criticidad de sistemas motobomba Mark-3

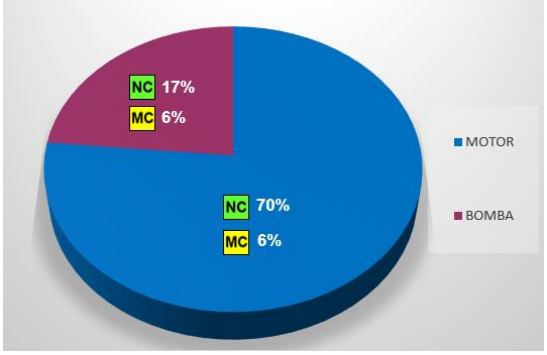


El análisis de criticidad total por riesgo en la motobomba Mini-Striker indica que seis componentes son medianamente críticos, estos se observan en la Figura 26. Los porcentajes se observan en la Figura 27.

Figura 26. Partes críticas de la motobomba Mini-Striker

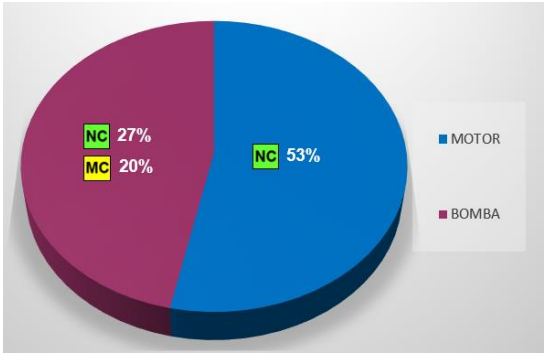
SISTEMA MOTOR	SISTEMA BOMBA
Bujía	Sellos de goma
Filtro de combustible	Impulsor
Silenciador	Distribuidor

Figura 27. Porcentajes de criticidad de sistemas motobomba Mini-Striker



Existen tres componentes medianamente críticos en la electrobomba que son el sello mecánico, el rotor y el difusor. Los porcentajes se muestran en la Figura 28.

Figura 28. Porcentajes de criticidad de sistemas electrobomba Multinox



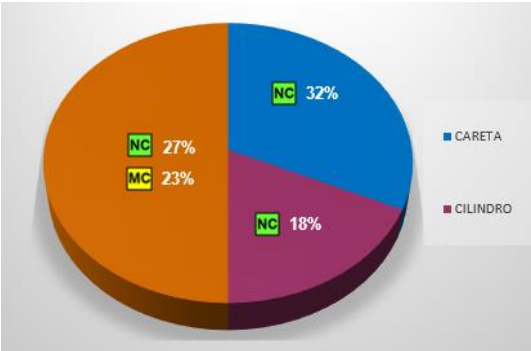
El equipo de respiración autónoma ERA, es quizás uno de los sistemas más importantes de seguridad para cada uno de los integrantes del cuerpo de bomberos, la caracterización de sus sistemas y subsistemas se muestra en el Anexo D. Cada una de sus partes requiere especial cuidado, unas más que otras. En la Tabla 20 se muestran los resultados para el análisis de criticidad realizado.

Tabla 20. Criticidad equipo de respiración autónoma ERA

	No.	COMPONENTE	SUBSISTEMA	IO	FO	CM	ISHA	FF	C	CTR
CARETA	1	Lente panorámico	Visor	7	2	1	6	2	21	42
	2	Arnés	Ajuste	4	1	1	6	3	11	33
	3	Sello facial	Ajuste	10	2	1	8	2	29	58
	4	Sistema de correas	Ajuste	4	1	1	6	2	11	22
	5	Mascarilla nasal	Boquilla	7	4	1	8	1	37	37
	6	Diafragma parlante	Boquilla	4	2	1	3	2	12	24
	7	Válvula de exhalación	Boquilla	10	4	1	8	1	49	49
CILINDRO	8	Recipiente contenedor	Almacenamiento	7	2	2	8	2	24	48
	9	Indicador de presión	Control	4	4	1	3	2	20	40
	10	Válvula de apertura	Seguridad	10	2	1	8	2	29	58
	11	Válvula de alivio	Seguridad	10	2	1	8	2	29	58
ESPALDERA	12	Hombreras	Ajuste	4	2	1	3	1	12	12
	13	Cinturón y correas	Ajuste	4	2	1	3	1	12	12
	14	Banda del cilindro	Ajuste	4	2	1	3	1	12	12
	15	Manómetro/alarma de campana	Seguridad	4	4	1	6	2	23	46
	16	Manguera alta presión	Transporte	7	2	1	6	2	21	42
	17	Reductor	Regulador primera etapa	10	4	1	8	2	49	98
	18	Válvula de alivio	Regulador primera etapa	7	4	1	8	2	37	74
	19	Manguera baja presión	Transporte	7	2	1	6	2	21	42
	20	Válvula de purga	Regulador segunda etapa	7	4	1	8	2	37	74
	21	Alarma sonora	Seguridad	7	4	1	6	2	35	70
	22	Switch de flujo	Regulador segunda etapa	4	4	1	8	3	25	75

Efectivamente la Figura 29 muestra que el porcentaje de componentes o partes medianamente críticos es alto en comparación con el resto de equipos y es de esperarse debido a que su uso se relaciona directamente con el bienestar y la seguridad de los bomberos expuestos a atmósferas nocivas y ambientes tóxicos, por este motivo el equipo debe estar en óptimas condiciones para su uso.

Figura 29. Porcentajes de criticidad equipo de respiración autónoma ERA



5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS CRÍTICOS

Para el presente proyecto se tienen en cuenta los diversos manuales e información del fabricante y la experiencia por parte de los bomberos que operan diariamente las máquinas, para la programación previa de las actividades de mantenimiento preventivo que deben realizarse en cada uno de los equipos.

Dentro de estas operaciones, se incluyen también algunas actividades de mantenimiento autónomo, las cuales deben ser ejecutadas por el cuerpo operativo de bomberos a cargo mediante una previa orientación por parte del jefe de mantenimiento.

Cabe mencionar que el propósito de este ejercicio es familiarizar a cada bombero con el funcionamiento de las máquinas y de una u otra forma desarrollar la capacidad de encontrar anomalías rápidamente, ahorrando tiempo considerable en el diagnóstico por parte del especialista de mantenimiento encargado.

5.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LOS VEHÍCULOS CRÍTICOS

Las operaciones de mantenimiento en los vehículos se efectúan de acuerdo al número de kilómetros recorridos o las horas de servicio de cada uno de ellos. Las principales inspecciones de funcionamiento se basan en rutinas de limpieza, inspección visual o manual, lubricación, ajustes o cambios y reparación.

5.1.1 Camioneta Toyota Hilux 2008 (Móvil 3). A continuación, en la Tabla 21 se muestra la nomenclatura utilizada para las principales acciones de mantenimiento e inspecciones de funcionamiento descritas para este vehículo en la Tabla 22.

Tabla 21. Nomenclatura y descripción de rutinas

I	Inspeccionar • La condición o estado del componente, cambiar o reparar si es necesario. • Fugas, ajustar o cambiar si es necesario. • El correcto funcionamiento	**V**	Verificar • La tensión en el caso de las correas de transmisión • Nivel de fluidos • Distancia y juego de válvulas • Torque de bulones (árboles cardan) • Calibración y balanceo de neumáticos
C	Cambiar o reemplazar el componente	L	Lubricar o engrasar

Tabla 22. Actividades de mantenimiento preventivo para camioneta Toyota Hilux

INTERVALOS DE TIEMPO										
x1000 Km	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MOTOR										
Aceite de motor	Cambie cada 5000 Km									
Filtro aceite de motor										
Filtro A/C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
Filtro de aire	I	I	C	I	I	C	I	I	C	I
Batería	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Bocina y luces interiores/exteriores	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Sedimentador de agua	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Filtro de combustible		C		C		C		C		C
Conductos de escape y montantes		I		I		I		I		I
Sistema A/C y calefacción		I		I		I		I		I
Correas de transmisión		V		C		V		C		V
Tapa del depósito, líneas y conexiones de combustible				I				I		I
Conexiones del sistema A/C				I				I		I
Fluido refrigerante motor				V				V		
Holgura válvulas				V				V		
Humos de escape/rendimiento				I				I		
Correa de distribución	Cambie cada 100,000 Km									
SUSPENSIÓN										
Suspensión delantera		I		I		I		I		I
Suspensión trasera		I		I		I		I		I
Bujes del brazo de la suspensión delantera				C				C		

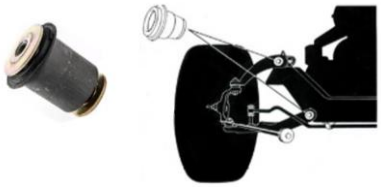
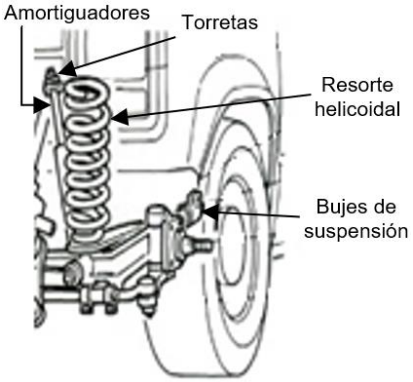
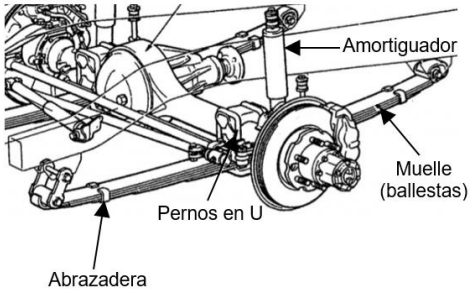
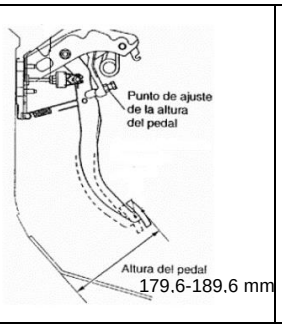
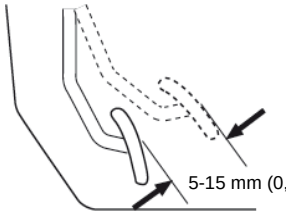
(Continuación Tabla 22 Actividades de mantenimiento preventivo camioneta Toyota Hilux)

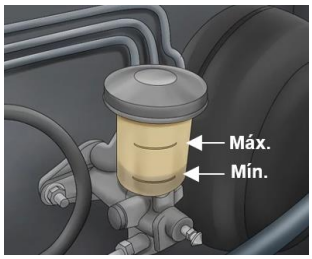
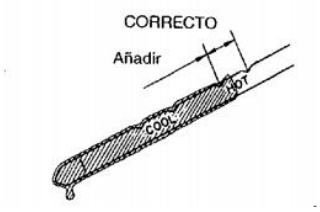
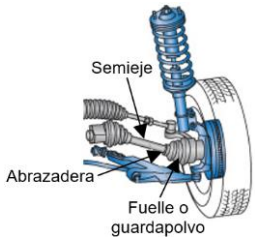
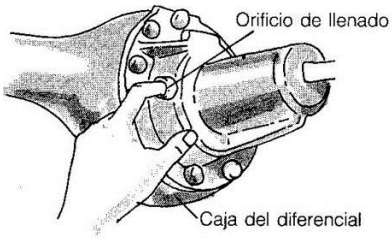
TRANSMISIÓN										
Pedal del embrague	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Líquido del embrague	V	V	V	C	V	V	V	C	V	V
Árboles cardánicos	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Líquido del diferencial		V		C		V		C		V
Guardapolvos de semiejes		I		I		I		I		I
Líquido transmisión manual				V				C		
FRENOS										
Líquido de frenos	V	V	V	C	V	V	V	C	V	V
Pedal de freno y freno de estacionamiento	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Pastillas y discos de freno	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tuberías, mangueras y conectores de freno		I		I		I		I		I
Zapatas y tambores de freno			I			I			I	
DIRECCIÓN										
Líquido servodirección	V	V	V	V	V	V	V	C	V	V
Volante de dirección	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Rótulas y extremos	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
RUEDAS										
Estado de neumáticos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Presión de inflado de los neumáticos	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Rotación y balanceo de neumáticos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Cojinetes de las ruedas		L		L		L		L		L

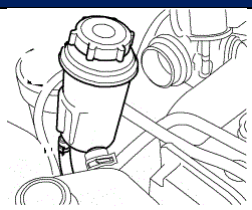
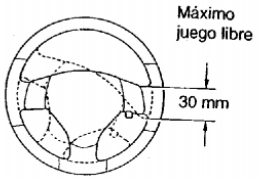
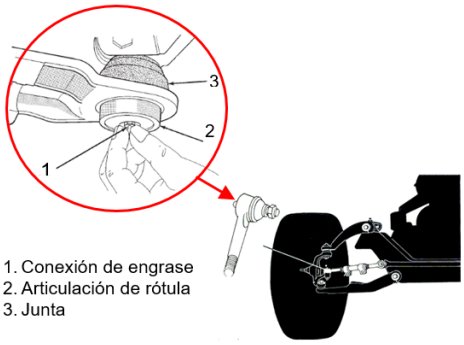
Fuente: TOYOTA. Manual de mantenimiento camioneta modelo Hilux

En la Tabla 23 se describe más detalladamente las operaciones de mantenimiento que se deben realizar en los sistemas críticos de la camioneta Toyota resaltados con otro color en la tabla anterior.

Tabla 23. Operaciones de mantenimiento para sistemas críticos Toyota Hilux

SUSPENSIÓN		
ACCIÓN	**DESCRIPCIÓN**	
Inspeccionar suspensión delantera	1. Soportes del amortiguador o torretas. Revisar estado y ajuste de los sujetadores (presencia de óxido). 2. Estado de los bujes. Reemplazar si se detectan grietas o rasgaduras.  3. Estado de los amortiguadores por fallo o rotura. 4. Estado de los resortes helicoidales por rotura.	
Inspeccionar suspensión trasera	1. Soportes del amortiguador o torretas. Revisar estado y ajuste de los sujetadores (presencia de óxido) 2. Ensambles de muelle (ballesta). Reemplazar el ensamble si hay hojas picadas, agrietadas, rotas o anormalmente dobladas. Oxidación extrema. 3. Inspeccionar cada componente del ensamble por desgaste o daño (abrazadera, pernos en U, tornillo central, etc.)	
TRANSMISIÓN		
ACCIÓN	**DESCRIPCIÓN**	
Inspeccionar conjunto del pedal del embrague. Ejecutar con el motor apagado		1. Quitar la alfombra del piso y verificar la altura del pedal que debe ser 179,6-189,6 mm. Si difiere de lo especificado siga los siguientes pasos: • Aflojar la contratuerca y girar el perno de tope hasta lograr el rango de altura especificada. • Apretar contratuerca a 25 Nm
	2. Revisar el juego libre del pedal • Oprimir el pedal del embrague con la mano y medir la distancia que se mueve el pedal hasta sentir resistencia. El juego libre debe ser 5-15 mm	

Verificar/cambiar el líquido del embrague	1. Localizar el cilindro maestro del embrague y el reservorio del líquido. 2. Comprobar el nivel, si este está debajo de la línea del máximo, añadir líquido. Si el nivel está debajo o cercano a la línea del mínimo, revisar el sistema de embrague en busca de fugas. Antes de quitar la tapa del depósito, limpiar muy bien el área de la tapa para impedir que se contamine el líquido.	 **Líquido: SAE J1703 ó FMVSS No. 116 DOT 3**
Comprobar el líquido de la transmisión manual	1. Conducir el vehículo de manera que el motor y la transmisión funcionen a una temperatura normal. 2. Sacar la varilla medidora de nivel y limpiarla muy bien, luego introducir de nuevo hasta el fondo. 3. Sacar la varilla y verificar que el nivel esté en el punto HOT. Si hay fugas es necesario reparar o sustituir sellos, tapones, etc.	
Lubricar eje de transmisión cardan	1. Inspeccionar por posible desgaste o daño (ruptura, desajuste o inexistencia de algún componente) 2. Lubricar o engrasar por las boquillas de engrase. Verificar que se expulse la grasa vieja. **Grasa de chasis a base de litio, NLGI nº 2**	
Inspeccionar guardapolvos y abrazaderas	Revisar visualmente el guardapolvo y la condición de las abrazaderas. Reemplazar si se encuentran fugas de grasa, roturas, cortes.	
Comprobar el líquido del diferencial	1. Ubicar el tapón de llenado del aceite y quitarlo junto con la junta del diferencial. 2. Verificar el nivel del aceite, si es necesario, llenar el conjunto del portador del diferencial hasta que comience a gotear. Reinstalar el tapón **Aceite de engranajes hipoide**	

DIRECCIÓN		
Comprobar el líquido de la dirección	1. Buscar el depósito del fluido 2. Chequear el nivel del líquido con la varillad de medición fijada a la tapa. 3. Completar el nivel de líquido según sea necesario.	
Inspeccionar el volante	 Si el juego libre es superior al máximo, reemplazar el subconjunto de eje intermedio o el conjunto de la biela de dirección.	Comprobar el juego libre del volante 1. Girar el volante hasta la dirección central con los neumáticos mirando hacia adelante. 2. Gire lentamente el volante a derecha e izquierda con la mano. **Máximo juego libre 30 mm.**
Inspeccionar terminales de dirección tipo rótula	1. Comprobar si hay grietas o fugas de grasa en la cubierta antipolvo de la rótula (junta esférica) 2. Ubicar los puntos de engrase que se encuentran en el centro de la rótula. 3. Insertar la punta de la pistola de engrase y lubricar	

Fuente: TOYOTA. Manual de mantenimiento camioneta modelo Hilux

5.1.2 Carrotanques de agua Freightliner (Móvil 4 y Móvil 5). Cada una de las operaciones que deben realizarse cuando los camiones cisterna cumplen con la frecuencia de tiempo estipulada se observan en el Anexo E junto con las operaciones en detalle de mantenimiento que se deben realizar en los sistemas críticos

5.2 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE EMERGENCIA

Las tres bombas de agua catalogadas como críticas y caracterizadas anteriormente como equipos de emergencia presentan una serie de fallas comunes en cada uno de los sistemas que las conforman, las cuales se describen en la Tabla 24.

Tabla 24. Fallas recurrentes en las motobombas

FALLAS RECURRENTES EN LAS MOTOBOMBAS				
MOTOR ELÉCTRICO				
El motor no gira				
	Ruido excesivo			
		Alta temperatura de la carcasa externa		
			CAUSAS POSIBLES	**SOLUCIÓN**
X			Bobinado roto o quemado	Reemplazar el bobinado o rebobinar el motor
X			Terminal de conexión del cable eléctrico de alimentación defectuoso	Cambiar
X			Fallo de alimentación del motor	Verificar la línea de alimentación de corriente eléctrica
	X	X	Rodamientos en mal estado	Cambiar
	X	X	Rodamientos secos	Lubricar
		X	Suciedad excesiva en la carcasa	Limpiar
		X	Ventilador roto	Cambiar
MOTOR DE COMBUSTIÓN				
El motor no arranca o arranca momentáneamente y luego se para				
	El motor funciona de manera irregular o falla			
		El motor no desarrolla la potencia normal y/o se sobrecaliente		
			CAUSAS POSIBLES	**SOLUCIÓN**
X	X		Manguera de alimentación de combustible defectuosa	Cambiar
X	X		Tamiz del filtro de combustible sucio	Limpar o cambiar
X	X		Pérdidas en el sistema de alimentación de combustible	Ajuste o cambie las conexiones
X	X	X	Montajes del carburador flojos	Ajustar
X	X		Agua o suciedad en el sistema de combustible	Drenar, lavar muy bien
X	X	X	Bujía sucia o defectuosa	Limpar o cambiar
	X	X	Filtro de aire succión	Limpar o cambiar
	X		Depósitos excesivos de carbón	Descarbonizar
		X	Sistema de refrigeración sucio	Limpiar

BOMBA					
La bomba no genera presión y no desarrolla flujo					
	La bomba desarrolla presión pero no bombea líquido				
		La bomba genera menos flujo del esperado			
			La bomba vibra		
				CAUSAS POSIBLES	**SOLUCIÓN**
X				La bomba no fue cebada apropiadamente	Llenar completamente de agua la manguera de succión y/o el cuerpo de la bomba
X	X	X	X	Bolsas de aire o vapor en la bomba o mangueras	Inspeccionar sellos, línea de succión y accesorios
X	X	X		Línea de succión obstruida	Limpiar entrada
X	X	X		Válvula de pie atascada o demasiado cerca de la superficie	Verificar que la distancia por debajo del agua sea la adecuada
X	X	X		Filtros sucios o tapados	Limpiar o cambiar
X	X	X		Fugas por sellos desgastados o dañados	Cambiar
X	X	X	X	Impulsor dañado o erosionado	Cambiar
X			X	Rodamientos desgatados	Cambiar
X	X		X	Elementos de acoplamiento sueltos	Ajustar

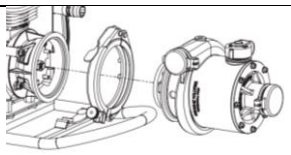
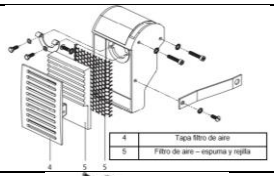
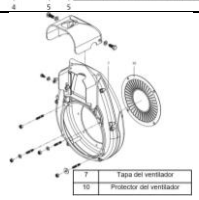
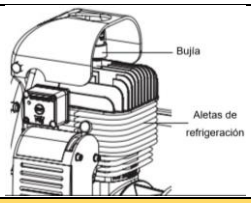
Fuente: ITT GOULDS PUMPS. Manual de instalación, funcionamiento y mantenimiento.

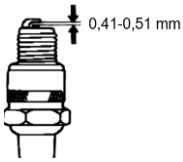
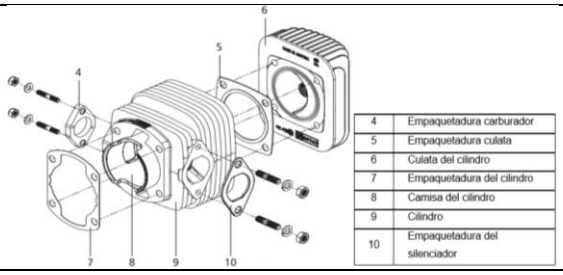
Descritas las fallas más comunes con su causa y posible solución, se determinan a continuación las acciones de mantenimiento para cada una de las bombas críticas.

5.2.1 Motobomba Mark-3. El mantenimiento regular de esta bomba se estructura en todas las acciones que deben realizarse antes e inmediatamente después de utilizarse, descritas en la Tabla 25. Adicionalmente también se observan otros servicios que deben realizarse cada cierto tiempo de acuerdo con el fabricante y deben hacerse sistemática y continuamente para prevenir las fallas identificadas anteriormente. En la Tabla 26 se observan algunas operaciones de mantenimiento autónomo.

Tabla 25. Acciones de mantenimiento regular motobomba Mark-3

ANTES DE USAR		
ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN		
Verificar visual y manualmente	Señales de fugas de aceite o gasolina.	
	Posibles daños	
	Condición general de las mangueras	
	Ajuste de tuercas, pernos, tornillos, mangueras de conexión y abrazaderas	
	Buen estado de la junta de conexión de la manguera de succión	
	Filtro en buenas condiciones e instalado en la manguera de succión	
Comprobar	Nivel de la mezcla de combustible y aceite en el tanque independiente. Relación 24:1 (24 L de gasolina y 1 L de aceite)	• Aceite para motor (Super 2T) de alta calidad. • Gasolina corriente, grado 2

DESPUÉS DE USAR		
ACTIVIDADES DE LIMPIEZA		
COMPONENTE	**ACCIÓN**	**IMAGEN**
Bomba	1. Separar el cuerpo de la bomba del motor abriendo la palanca de la abrazadera. 2. Limpiar la superficie de la carcasa y las tapas de succión y descarga con una solución de limpieza adecuada.	
Filtro de aire	1. Sacar el filtro 2. Lavar el filtro completamente y limpiar la rejilla de la toma de aire. 3. Aplicar aceite especial para motor 2T al filtro y ejercer presión para que este se distribuya de forma uniforme.	
Caja del ventilador	1. Sacar la caja del ventilador 2. Sacar los depósitos de suciedad de las aletas y de la parte interior de la caja del ventilador usando aire comprimido, un cepillo de cerdas y una solución de limpieza adecuada.	
Galería enfriamiento	1. Limpiar los pasajes y las aletas de refrigeración del cilindro. 2. Desconectar la tapa de la bujía y eliminar la suciedad alrededor del área de la misma.	
ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN		
Verificar buen funcionamiento	Interruptor de detención	
	Control del acelerador y ahogador	
Inspeccionar	Si hay agua en la línea de combustible	
	Cuerda de partida y sus mecanismos	
	Condición de acoplamiento de la bomba al motor	

	Rendimiento en general con la bomba en funcionamiento. Observe cualquier irregularidad o sonido mecánico anormal	
Chequear	Cuerpo de la bomba y engráselo	
	Ajustes del carburador	
	Sello de la bomba por posibles pérdidas	
SERVICIOS ESPECIALES		
LUBRICACIÓN		**Cada 8 horas**
Engrasar los rodamientos de bolas con una pistola de engrase.	• Sacar la suciedad de las conexiones • La grasa debe aplicarse lentamente en la caja de los rodamientos hasta que aparezca grasa fresca alrededor del anillo de sujeción • Limpiar el exceso de grasa	• Usar grasa hidrófuga, preferiblemente anticorrosiva. • No usar grasa con grafito o una pistola presurizada para
SERVICIO DE LA BUJÍA		**Cada 100 horas o 6 meses**
Tipo de bujía recomendada	Bosch M4, AC 18 mm ⦸ Champion K7 18 mm ⦸	
Sacar, limpiar la bujía y revisar visualmente.	Colocar una bujía nueva si: • La punta del núcleo del aislador está áspera, agrietada o quebrada. • Los electrodos están quemados y no pueden ajustarse de forma satisfactoria. Usar solo el tipo de bujía especificada	
Revisar la calibración o ajuste de los electrodos con la galga de espesores.	Corregir la distancia entre los electrodos doblando cuidadosamente. La distancia debe estar entre 0.41-0.51 mm	
Instalar la bujía nuevamente y colocar la tapa.	Atornillar (una o dos vueltas con los dedos para evitar dañar la rosca)	Apretar con la llave de la bujía. No aplicar torsión superior a 41 Nm (360''-lbs)
SERVICIO DE DESCARBONIZACIÓN DEL MOTOR		**Cada 100 horas o 6 meses**
Se debe sacar el cilindro y el pistón		
Quitar con un cepillo duro (pero no de alambre) los depósitos de carbón formados en: • La cabeza del pistón • Tapa del cilindro • Lumbrera de descarga del cilindro • Alrededor de los anillos del pistón especialmente en las ranuras		
Lavar todas las piezas en un solvente adecuado (detergente doméstico y agua tibia) y luego secarlas con aire comprimido. Cambiar empaquetadura del cilindro y utilizar anillos de pistón nuevos.		
Armar nuevamente. La torsión recomendada para las tuercas es 23-25 Nm (200-220''-lbs)		

Fuente: WATERAX. Manual de mantenimiento motobomba modelo Mark-3

Tabla 26. Acciones de mantenimiento autónomo Mark-3

OPERACIÓN/ESTADO	DESCRIPCIÓN	
CEBADO	Antes de arrancar el motor, se debe llenar la bomba con agua. Seguir los siguientes pasos: 1. Conecte la manguera de succión y de descarga a la bomba. 2. Quite el tapón de cebado y llene de agua la bomba mediante un cebador de aluminio hasta que salga agua por el orificio. 3. Si no cuenta con un cebador, puede realizar la operación sacudiendo" la manguera de succión hasta que el agua fluya por el puerto de descarga de la bomba.	
DRENAJE	Después de usar y antes de realizar las actividades de limpieza e inspección se debe sacar el agua de la bomba. Seguir los siguientes pasos: 1. Sacar la bomba del motor desajustando la palanca de la abrazadera. Aflojar la perilla en la parte inferior. 2. Quitar las tapas de descarga, succión y cebado. 3. Drenar la bomba inclinándola varias veces mientras se sostiene con las manos. 4. Apoyar la bomba en el orificio de succión durante varios minutos para completar el drenado. 5. Instalar nuevamente las tapas y la bomba al motor.	
EMBALSE O AHOGAMIENTO	Significa que una mezcla muy rica de aire y combustible entra en el cilindro, esta mezcla no enciende y por lo general humedece la bujía. Seguir los siguientes pasos para resolver el problema: 1. Desconectar la manguera de combustible de conexión rápida del motor. 2. Sacar la bujía y dejarla en la parte superior de la tapa del cilindro sin desconectar el cable de ignición. 3. Tirar varias veces de la cuerda con el ahogador y el acelerador abiertos completamente hasta que salga el exceso de combustible. 4. Limpiar los electrodos y la punta aisladora de la bujía. Reinstalar.	

Fuente: WATERAX. Manual de mantenimiento motobomba modelo Mark-3

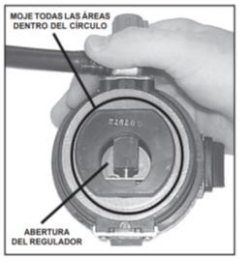
5.2.2 Motobomba Mini-Striker. Cada uno de los procedimientos y acciones de mantenimiento listados para este tipo de bomba en el Anexo F, son similares a la anterior y hacen parte del cuidado básico que debe tenerse para asegurar la disponibilidad del equipo sin presentar ningún percance en la línea de fuego.

5.2.3 Electrobomba Multinox. Las acciones de mantenimiento sobre esta bomba se muestran en el Anexo G y se basan únicamente en actividades de inspección, verificación y control del funcionamiento. Se incluyen además operaciones de mantenimiento autónomo con su respectiva descripción.

5.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE RESCATE

Los equipos de respiración autónoma conocidos comúnmente como ERA son implementos de seguridad que deben estar dentro del estándar de la Asociación Nacional contra el Fuego (NFPA) y por lo tanto deben contar con un programa de mantenimiento respaldado y evaluado por un técnico competente. A continuación, en la Tabla 27 y en la Tabla 28 se observan los respectivos cuidados y acciones de mantenimiento preventivo y autónomo que deben hacerse en los equipos, con su respectiva frecuencia para garantizar el correcto funcionamiento al momento de necesitarse. Cabe mencionar que el uso de estos respiradores no es alta dado que se conservan para situaciones de emergencia, por lo tanto, se siguen recomendaciones de la NFPA para definir los intervalos de tiempo en los que se deben efectuar las respectivas inspecciones.

Tabla 27. Acciones de mantenimiento regular del ERA

DESPUÉS DE USAR			
ACTIVIDADES DE LIMPIEZA			
COMPONENTE	**ACCIÓN**		**IMAGEN**
Careta	• Preparar una solución de limpieza con agua tibia y un detergente suave. • Puede utilizar un cepillo suave o una esponja para limpiar la careta. • Puede utilizar aire caliente para acelerar el proceso de secado, no utilizar aire que contenga humedad o lubricantes (30 psig máximo de presión para secar).	1. Quitar el regulador montado en la máscara. 2. Lavar completamente la máscara y sus componentes en la solución. 3. Enjuagar completamente con agua fresca y tibia. Agitar la careta para eliminar el exceso de agua. 4. Permitir que la careta se seque por sí sola. Cuando esté completamente seca, guardar en su bolsa plástica.	
Regulador de segunda etapa	• Mantener el regulador con la salida mirando hacia abajo. • Utilizar una solución de limpieza con agua tibia y detergente suave. • Puede utilizar aire limpio (15 psig como máximo de presión para secar)	1. Limpiar las superficies exteriores con un cepillo (brocha) suave. 2. Enjuagar con agua fresca las superficies externas. 3. Limpiar la abertura del regulador y la zona interior de la salida del tubo con un trapo suave. 4. Secar con una tela limpia.	
Arnés, mangueras, portador del cilindro y cilindro	En general solo la máscara requiere limpieza después de cada uso, pero si el ERA se ensucia (residuos pesados de humo) utilizar un trapo húmedo con una solución de agua tibia y jabón suave. Remover la suciedad completamente y deje secar al aire.		
ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN			
Condición de la máscara			
Inspeccionar	El visor por rajaduras, rayado y pérdida de sello con el caucho de la máscara.		
	Las correas del arnés de la cabeza en busca de desgarraduras, pérdida de elasticidad o ausencia de hebillas o correas.		
	Las conexiones de la máscara por daño		
Verificar	Que la válvula de exhalación esté limpia y funciona fácilmente. La válvula debe salir de su asiento y volver al soltarse.		
	La presencia del caucho araña		
Mangueras y acoples			
Inspeccionar	Condición de las mangueras de alta y baja presión por posibles cortaduras o abrasión extrema.		
Verificar manualmente	Mangueras y acoples correctamente ajustados • Regulador de primera etapa con la salida de aire del cilindro. • Regulador de segunda etapa con el acople de la manguera.		

Condición del cilindro	
Inspeccionar	• Visualmente, el cuerpo del cilindro por rajaduras, hendiduras, áreas débiles, signos de abrasión corrosiva en la fibra o pintura o presenta manchas oscuras por exposición al fuego. • Manualmente, la válvula del cilindro por indicios de daño. Abrir suavemente la válvula para asegurar que esta funciona apropiadamente. Luego cerrar la válvula completamente.
Verificar	• Condición de las roscas del cilindro. • Condición del manómetro del cilindro. Asegurare que la aguja y la superficie del indicador de la válvula de cilindro sean claramente visibles. • La fecha de prueba hidrostática en el adhesivo de aprobación del cilindro que se encuentra en el cuello del cilindro. Debe probarse cada cinco años. • La presión de trabajo del cilindro, este debe estar completamente recargado antes de ser almacenado (2216 psig)
Arnés y portador del cilindro	
Inspeccionar	• Todos los componentes del arnés por cortaduras, rasgaduras, abrasión o signos de exposición al calor o daños químicos. • El plato de la espalda por rajaduras, áreas débiles o signos de exposición al fuego al daño químico.
Verificar	• Que todos los tornillos, arandelas y tuercas están asegurados. • Las bandas y pestillos que sujetan el cilindro, estas deben sujetarlo firmemente.
Sistema de alarma	
Verificar	• El sonido de la alarma de campana del cilindro al presurizar el sistema (abrir lentamente la válvula del cilindro).
ACTIVIDADES ADICIONALES	
Recarga de cilindros	
1. Conectar la manguera de llenado y abrir completamente la válvula del cilindro **2.** Llenare el cilindro lentamente (500 psig/min) **3.** Cuando el cilindro esté lleno cerrar la válvula **4.** Sacar la presión lentamente de las líneas de llenado. **5.** Desconectar la manguera de llenado.	• Sumergir parcialmente el cilindro en un baño de agua (excepto la válvula) para minimizar la elevación de temperatura que ocurre mientras el cilindro se llena. • Se debe utilizar una válvula separada de medición para controlar el nivel de llenado. • Nunca proporcionar aire a una presión más grande que la presión de servicio máxima que es 2216 psig
SERVICIOS ESPECIALES	
Reemplazo del filtro sinterizado del regulador de primera etapa.	**Cada año**
Prueba de desempeño anual de flujo • Mediante una consola portátil de prueba o un Posi-Check de Biosistemas de SURVIVAIR. • Debe ser realizado por un técnico certificado de SURVIVAIR.	**Cada año**
Prueba hidrostática para verificar el estado del cilindro.	**Cada 5 años**

Fuente: SURVIVAIR. Manual de mantenimiento ERA

Tabla 28. Acciones de mantenimiento autónomo ERA

DESPUÉS DE USAR		
OPERACIÓN	**DESCRIPCIÓN**	**IMAGEN**
Test de funcionamiento y hermeticidad	**1. AJUSTE DE LA MÁSCARA** • Colocar la palma de la mano sobre el adaptador de entrada de la máscara. • Inhalar y sostener la respiración durante 10 segundos como mínimo. La máscara debe acercarse a la cara y permanecer presionada contra la cara. Si no lo hace, vuelva a ajustar la máscara y pruebe de nuevo. Si con esto no se corrige la fuga, no usar la máscara.	
	2. PRUEBA DE LA VÁLVULA DE EXHALACIÓN • Inhalar profundamente y retener el aliento. Bloquear el adaptador de entrada de la máscara con la palma de su mano y exhalar. Si la válvula de exhalación está atascada, podrá notar una fuerte ráfaga de aire alrededor de la máscara. Puede que sea necesaria una fuerte exhalación de aire para abrir la válvula. • Si con esto no se abre la válvula, no usar la máscara.	
	3. PRUEBA DEL REGULADOR (Sistema presurizado) • Aspirar fuerte y profundamente para activar el regulador. • Aspirar varias veces para revisar el flujo de aire • Abrir y cerrar rápidamente la válvula de paso (emergencia) para comprobar que está funcionando correctamente.	
Almacenamiento	1. Realizar actividades de limpieza e inspección descritas anteriormente 2. Conectar un cilindro totalmente cargado al regulador de primera etapa y asegurar en el portaequipo dorsal. 3. Comprobar que la válvula del cilindro está completamente cerrada. 4. Aflojar al máximo las correas del arnés, de la cintura, etc. 5. Colocar la careta en una bolsa de plástico para máscaras 6. Guardar lejos del polvo, la luz del sol, frío extremo, humedad o químicos.	

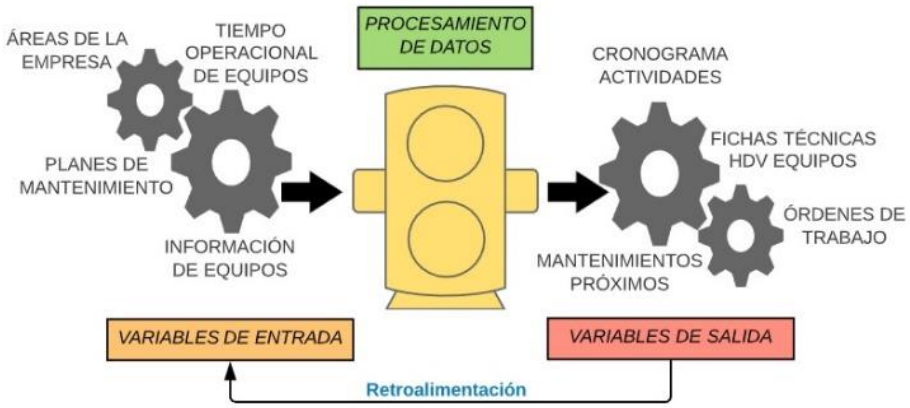
Fuente: SURVIVAIR. Manual de mantenimiento ERA

6. ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

6.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los sistemas de información se encargan de procesar, clasificar y ordenar todos los datos que se registran. Para obtener información útil de forma rápida, organizada y sistematizada es importante definir correctamente e ingresar al programa datos que sean necesarios y que no saturaren el sistema, (variables de entrada) de igual forma también es importante establecer que se quiere obtener (variables de salida) ya que esto influye directamente en la revisión y verificación de resultados y parámetros para tomar decisiones en el departamento que se esté administrando. En la Figura 30 se observan las actividades que realiza un sistema de información de mantenimiento.

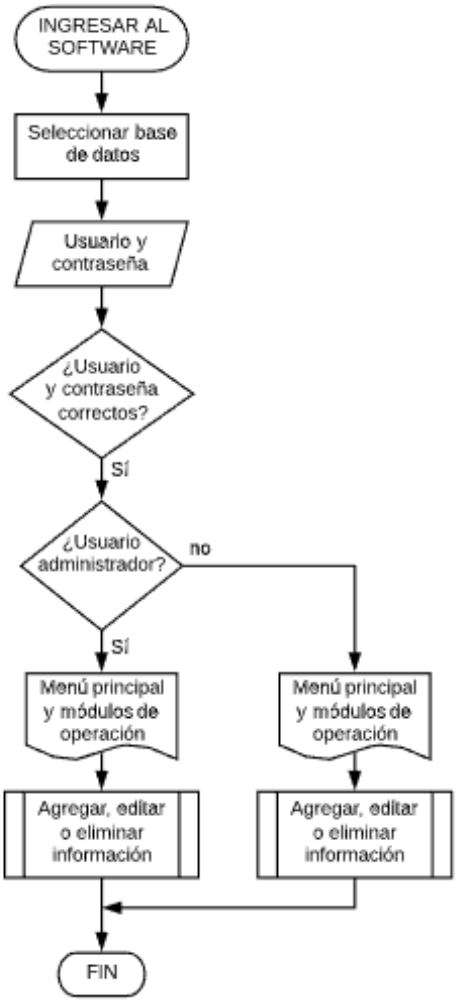
Figura 30. Actividades del sistema de información de mantenimiento



6.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

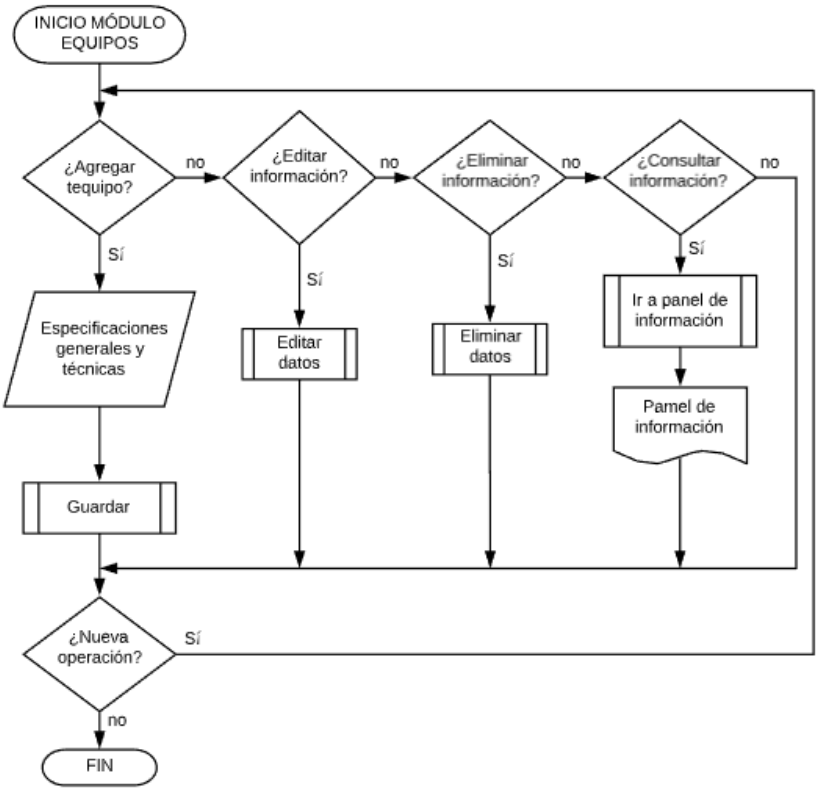
El acceso y control al sistema de información solo está permitido a usuarios administradores con permiso de consulta y modificación de datos o a usuarios invitados quienes solo pueden ingresar a buscar y observar información. En la Figura 31 se observa el diagrama de flujo de ingreso al sistema, el cual resulta útil para representar gráficamente todo el proceso de inicio en el programa.

Figura 31. Diagrama de flujo ingreso al sistema



La búsqueda y modificación de información se realiza sobre los datos que va ingresando el usuario al programa mediante los diversos módulos empleados para la gestión de las actividades del mantenimiento. El primer paso que debe realizar el usuario es registrar toda la información de cada uno de los equipos a los cuales desea llevar un control de mantenimiento. En la Figura 32 se observan las acciones que se pueden realizar en el módulo equipos siendo usuario administrador.

Figura 32. Diagrama de flujo módulo equipos



Una vez almacenada toda la información de cada uno de los equipos, el usuario debe ingresar las acciones a realizar y describirlas para que su ejecución se lleve a cabo de forma correcta. Creados los planes de mantenimiento, estos deben

asociarse a un equipo para iniciar la programación del mantenimiento rutinario de los mismos. En la Figura 33 y 34 se observa el diagrama de flujo que describe este proceso.

Figura 33. Diagrama de flujo módulo planes de mantenimiento

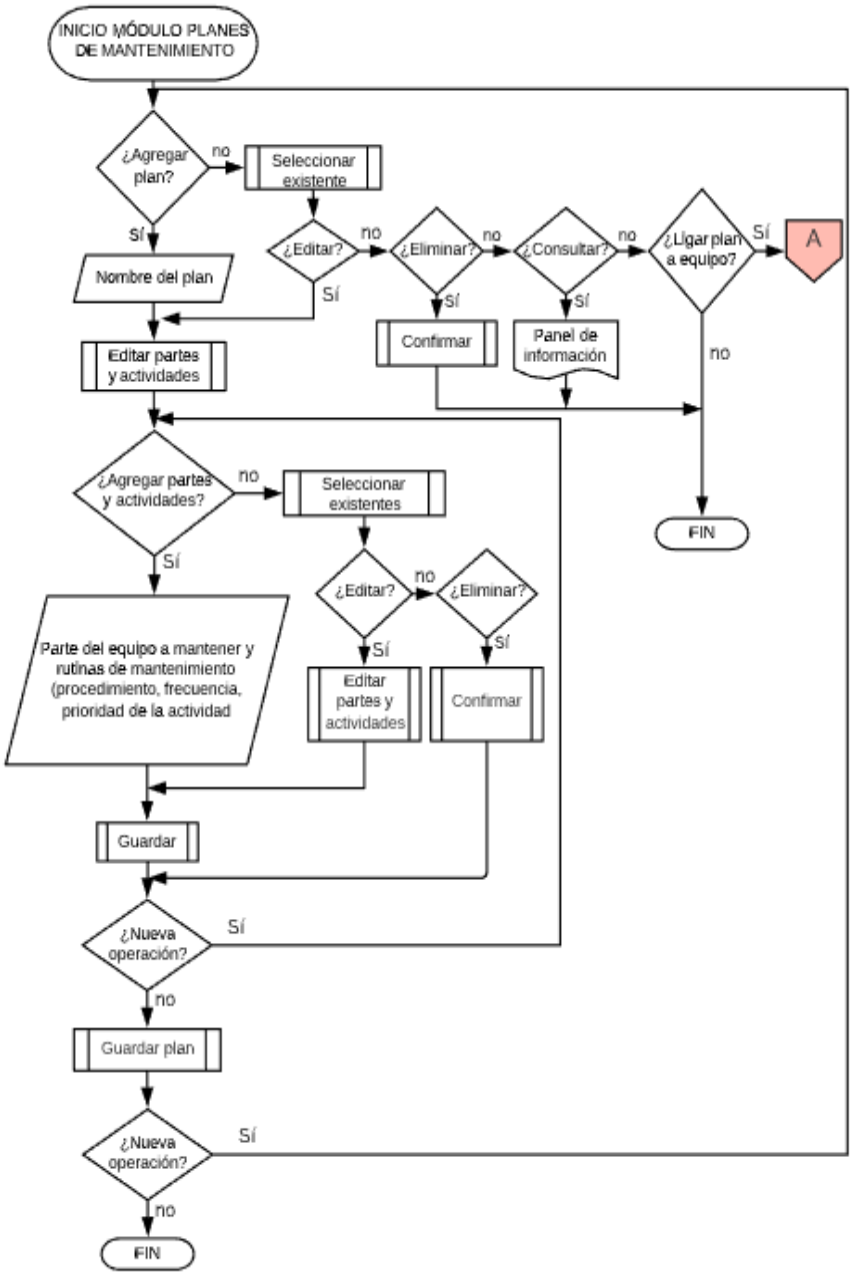
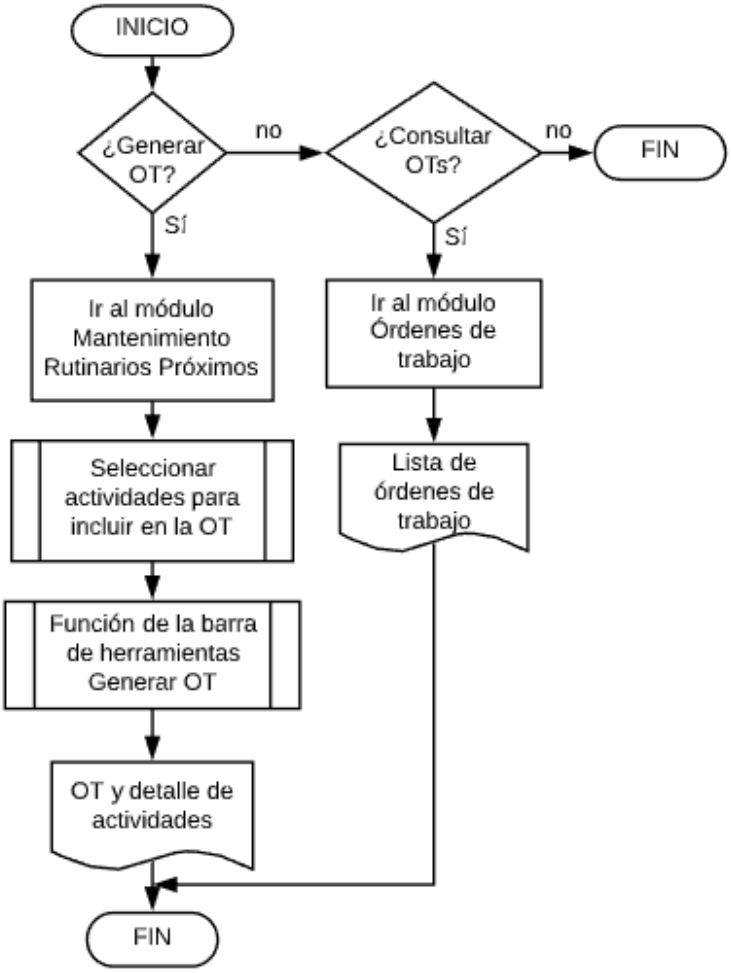


Figura 34. Descripción de la función ligar plan de mantenimiento a un equipo

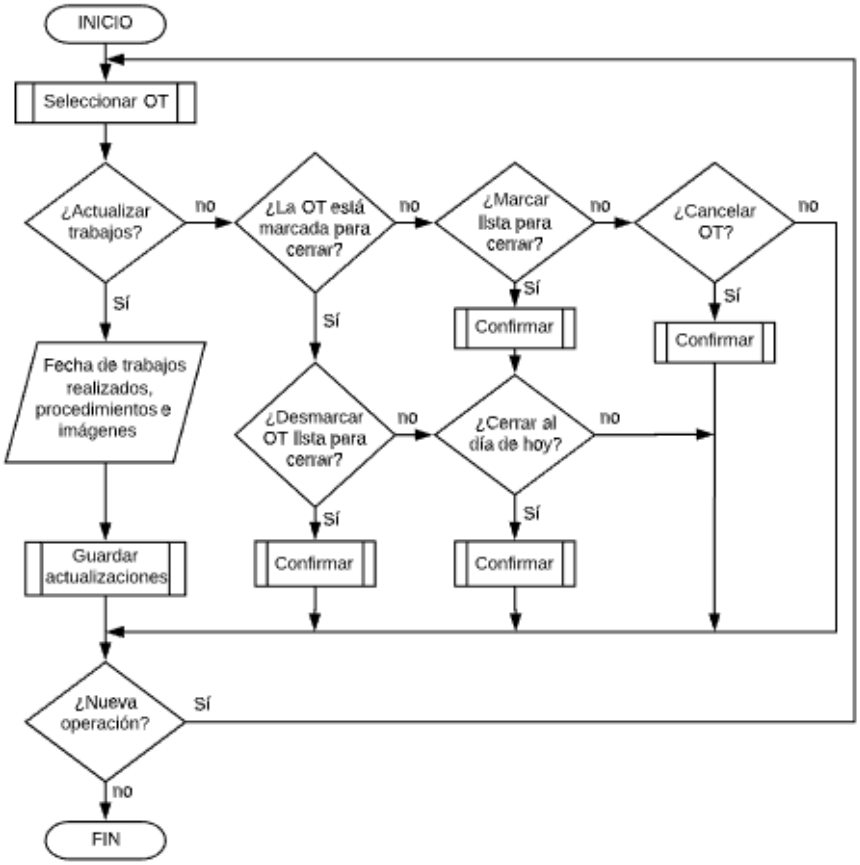
Después de ligar cada uno de los planes de mantenimiento con su equipo, el programa calcula la fecha del próximo mantenimiento en base a la frecuencia de las actividades ingresada en el plan y la fecha del último mantenimiento del equipo. Estas acciones de mantenimiento próximas a realizarse, aparecen en un módulo llamado trabajos en espera, desde allí el usuario puede seleccionar cada una de esas actividades y generar las respectivas órdenes de trabajo para ser atendidas por el personal de mantenimiento encargado. Las órdenes de trabajo que se generan, pueden ser consultadas y gestionadas desde otro módulo llamado órdenes de trabajo. En la Figura 35 se observa el diagrama de flujo para crear o consultar una OT.

Figura 35. Diagrama de flujo para generar o consultar una OT



El último paso que debe realizar el usuario es hacer un seguimiento desde el módulo órdenes de trabajo de las órdenes de trabajo generadas. En la Figura 36 se observa la descripción gráfica de la administración de este módulo.

Figura 36. Diagrama de flujo de la actualización, seguimiento y control de las OTs



6.3 DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN

Los formatos que se muestran a continuación son herramientas útiles ya que son de fácil interpretación y registran o muestran la información de una acción, procedimiento o rutina, de forma estandarizada.

6.3.1 Ficha técnica. Este formato se encarga de caracterizar el equipo en cuestión, ya que reúne datos generales como nombre de la máquina, marca, código asignado, proveedor, entre otros, además contiene las especificaciones técnicas que debe conocer el personal a cargo para entender el funcionamiento, la instalación y el mantenimiento del mismo. En la Figura 37 se observa la ficha técnica propuesta y en el Anexo H se observa como ejemplo la ficha técnica implementada para el camión cisterna Móvil 4.

Figura 37. Formato propuesta para ficha técnica

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
DATOS GENERALES					
Servicio:					Código:
Nombre del equipo:					Modelo:
Identificador/serie/placa		No.			Marca:
INFORMACIÓN RELEVANTE					
Prioridad:	A	M	B	Equipos hijo:	
Localización:					IMAGEN DEL EQUIPO
Proveedor:					
Tel.		Cel.			
Correo:					
Doc. de adquisición:					
Fecha compra (dd/mm/aaaa)					
Tiempo de garantía (meses):					
Mantenimiento: Interno/Outsourcing					
Proveedor mantenimiento:		Si aplica			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					

6.3.2 Hoja de vida. Este formato contiene el historial de mantenimiento del equipo, en el mismo se puede encontrar todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo llevadas a cabo en una máquina ya sea por una falla

eventual o por rutinas de inspección, verificación, limpieza o lubricación. En este documento también se registra los tiempos de operación, los cuales son muy importantes cuando la frecuencia del mantenimiento está determinada por el uso (kilómetros recorridos, horas de funcionamiento, etc.). Cabe mencionar que el formato está encabezado por algunos datos generales del equipo para su correcta identificación. En la Figura 38 se observa la hoja de vida propuesta.

Figura 38. Formato propuesta para hoja de vida

HOJA DE VIDA DE EQUIPOS						
Nombre del equipo:					Código:	
Identificador/serie/placa		Marca:			Modelo:	
HISTORIAL DE OPERACIÓN						
Descripción del recorrido	Recorrido total		Fecha (dd/mm/aaaa)		Nombre del maquinista	
	Km	Horas				
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO						
Descripción de la operación	Acumulado hasta el momento		Tipo de mantenimiento		Fecha (dd/mm/aaaa)	Tiempo empleado 00:00 (h)
	Km	Horas	P	C		

6.3.3 Lista de chequeo. Este formato incluye todas las actividades de inspección que deben realizarse para verificar el correcto funcionamiento de las máquinas. Normalmente el chequeo se hace antes del uso de la mismas, pero como los equipos tratados se operan en situaciones de emergencia, la inspección debe realizarse diariamente preferiblemente en la mañana para garantizar la disponibilidad ante cualquier llamado de la comunidad. Las rutinas de inspección son distintas para cada clase de equipo, en la Figura 39 se observa la lista de

chequeo propuesta para un vehículo automotor y en el Anexo I se aprecia la lista de chequeo para las bombas.

Figura 39. Formato propuesto para lista de chequeo vehículo automotor

INSPECCIÓN PRE OPERACIONAL DEL VEHÍCULO LISTA DE CHEQUEO									
Nombre del operario:								Cargo:	
Nombre del equipo:								Código:	
Identificador/serie/placa				No.				Modelo:	
Fecha	dd	mm	aaaa	Recorrido actual		Horas	Km	Hora inspección	
Lugar de chequeo:								00:00 h	A.M / P.M

DOCUMENTACIÓN VIGENTE	CRITERIO			OBSERVACIONES
	B	R	M	
Licencia de conducción				
Licencia de tránsito				
Revisión técnico mecánica				
SOAT				

RUTINAS DE INSPECCIÓN	CRITERIO			OBSERVACIONES
	B	R	M	
Nivel de combustible				
Nivel aceite motor				
Nivel líquido refrigerante				
Nivel líquido de frenos				
Nivel líquido limpiaparabrisas				
Presencia de fugas de líquidos				
Batería, cables y conexiones				
Condición de neumáticos y presión de inflado				
Estado de la carrocería (abolladuras, defectos, etc.)				
Estado y posición de espejos				
Condición de la cabina y asientos				
Condición cinturón de seguridad				
Estado del volante de dirección				
Funcionamiento de la bocina				
Funcionamiento luces altas, bajas, direccionales, freno, parqueo y reversa				
Condición del limpiaparabrisas				
Funcionamiento de los frenos				
Tablero de indicadores				
Presencia de fugas en el sistema neumático, pérdida de presión				
Mecanismo acelerador				
Mecanismo del embrague				
Operación del motor				
Chequeo de bomba **(VER NOTA 2)**				

Abreviaturas			
	B	Bien	Correcto funcionamiento, estado o condición
	R	Regular	Condición regular antes de falla o problema
	M	Mal	Falla/componente defectuoso/parada del equipo

NOTA 1: Si el vehículo no cuanta con alguno de los parámetros de la lista, escriba en el aspecto a evaluar que no aplica (N.A)

NOTA 2: Chequeo de la bomba hace referencia a vehículos de transporte de agua (camión cisterna), si corresponde dirijase a la lista de chequeo de bombas.

Nombre del inspector	Firma del inspector
Nombre del supervisor encargado	Fima del supervisor encargado

7. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN MP SOFTWARE BÁSICO VERSIÓN 10 EN EL CBVSV[15]

MP software se selecciona y describe porque es un programa que se ajusta a los requerimientos que tiene la empresa actualmente. Entre las principales funciones que se encuentra al descargar la versión gratuita de este programa es la generación de las hojas de vida de los equipos, los planes de mantenimiento, las órdenes de trabajo y la administración de mantenimientos rutinarios próximos, entre otras que se describen detalladamente más adelante en la sección de módulos.

7.1 INGRESO AL PROGRAMA

Después de descargar, instalar y activar la licencia de uso del programa se observa en el escritorio del computador un ícono de acceso directo a la aplicación, el cual se muestra en la Figura 40.

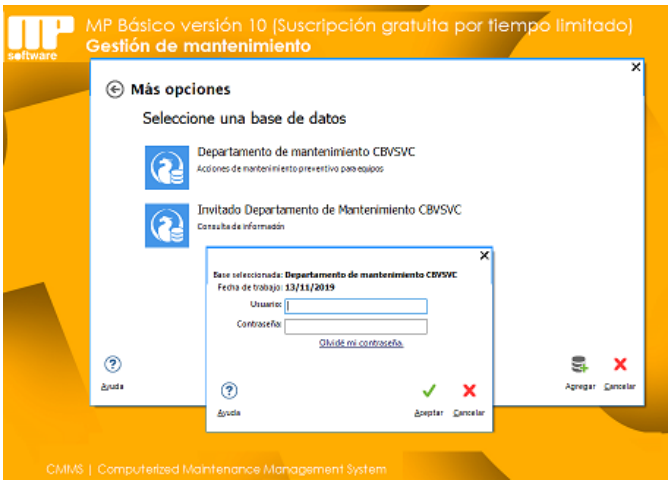
Figura 40. Ícono del software MP

Cuando se ingresa al sistema de información se abre una ventana para seleccionar la base de datos a la que se quiere acceder, la cual se observa en la Figura 41, después, en una nueva ventana se debe digitar el usuario y la

[15] Centro de aprendizaje MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

contraseña asignados según el rango de operación, dichos datos han sido agregados previamente.

Figura 41. Ingreso al MP software



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

Una vez el programa verifica que la información digitada es correcta, aparece en pantalla el menú principal con todos los módulos y funciones para administrar el programa como se muestra en la Figura 42.

Figura 42. Interfaz MP software

Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

7.2 FUNCIONES DEL PROGRAMA

Estas herramientas permiten administrar y configurar el sistema de información, entre las más importantes se tienen:

7.2.1 Función Aplicaciones. Permite administrar las bases de datos creadas, agregar usuarios y limitar el nivel de acceso de los mismos.

- Administración de base de datos: El MP software permite crear varias bases de datos para controlar de forma independiente el mantenimiento de diversas plantas industriales, edificios, áreas, etc. Para el presente proyecto se crea una base de datos llamada Mantenimiento en la cual estará toda la información técnica y operacional de los equipos, incluyendo los planes y rutinas de inspección y mantenimiento.

- Usuarios: Después de crear la base de datos correspondiente se pueden agregar usuarios para que el programa solo permita el ingreso de los mismos mediante una identificación y una contraseña. Para el presente proyecto se crearon dos usuarios, uno que permite al administrador de las operaciones de los equipos registrar, editar o eliminar información y otro para invitado con el cual solo se ingresa para consulta u observación de la información almacenada.

7.2.2 Ayuda. Facilita la navegación y comprensión del programa mediante un manual documentado y complementado con un conjunto de videos que muestran paso a paso las funciones del MP. En la Figura 43 se observa el campo de búsqueda inteligente que tiene esta función para encontrar un tema específicamente.

Figura 43. Campo de búsqueda inteligente

Fuente: Centro de ayuda y aprendizaje MP SOFTWARE, versión 10

7.2.3 Configuración. Permite cambiar a otra base de datos, permite configurar las opciones del módulo equipos, órdenes de trabajo y duración de las actividades.

7.3 MÓDULOS DEL PROGRAMA

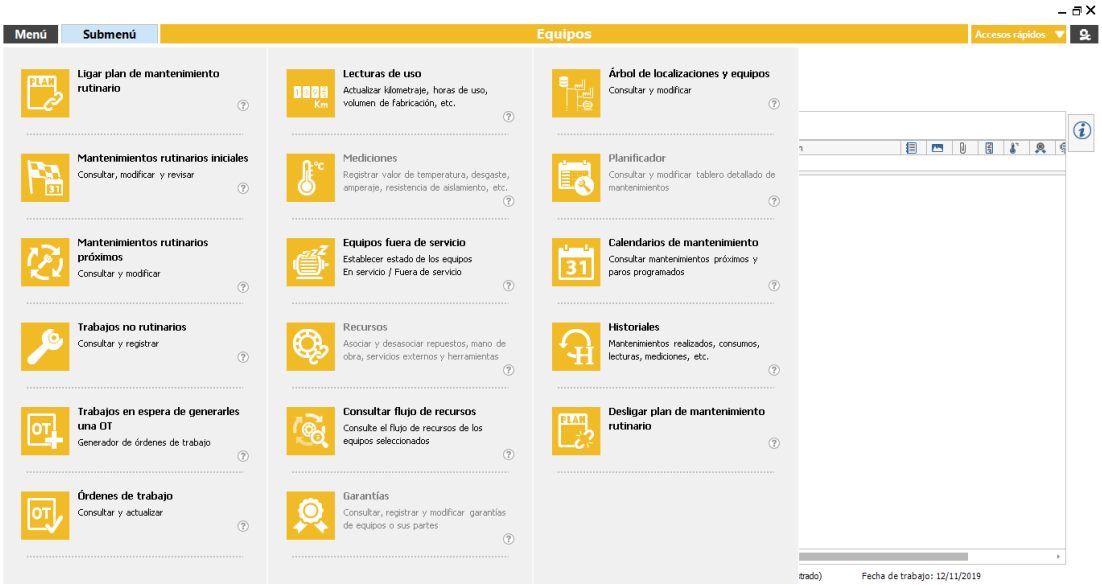
El programa permite utilizar siete módulos principales agrupados y ubicados en la parte izquierda del menú principal como se muestra en la Figura 44.

Figura 44. Módulos del MP software básico versión 10

Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

Cada módulo tiene en la parte superior izquierda un submenú con diversas acciones que se pueden aplicar a los elementos o registros ingresados previamente así como una barra de herramientas con funciones para editar, imprimir, importar y exportar el contenido de cada módulo. En la Figura 45 se observa como ejemplo el submenú de acciones del módulo equipos.

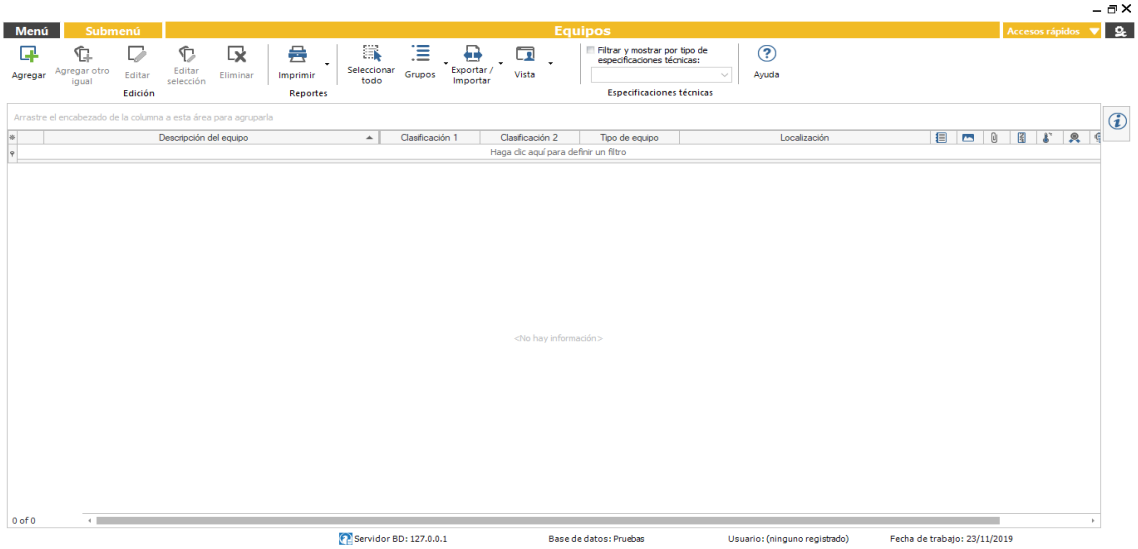
Figura 45. Submenú del módulo equipos



Fuente: Centro de ayuda y aprendizaje MP SOFTWARE, versión 10

7.3.1 Módulo equipos. Permite generar un catálogo de los equipos a los cuales se desea controlar el mantenimiento. Se deben registrar datos generales como el nombre del equipo, la marca, el modelo, el código, además de especificaciones técnicas como la potencia, el tipo de combustible, el número de cilindros del motor, etc. También se incluyen fotografías, datos del proveedor, fabricante y mantenimiento outsourcing. En la Figura 46 se observan cada una de las funciones de este módulo.

Figura 46. Módulo equipos

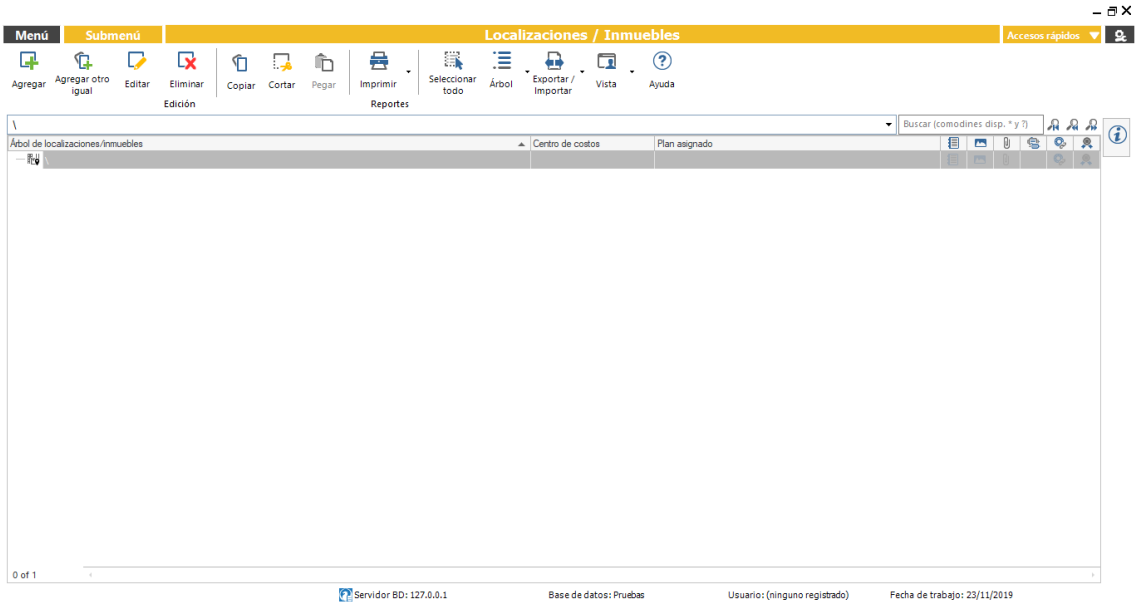


Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

El programa permite ordenar y buscar la información de forma rápida con la herramienta de filtro que aparece en cada una de las columnas e imprimir lo que se vea en pantalla.

7.3.2 Módulo localizaciones/inmuebles. Permite generar un catálogo con las áreas de la empresa y complementar la información de cada equipo al constituir la localización física de los mismos. En la Figura 47 se observan las funciones de este módulo.

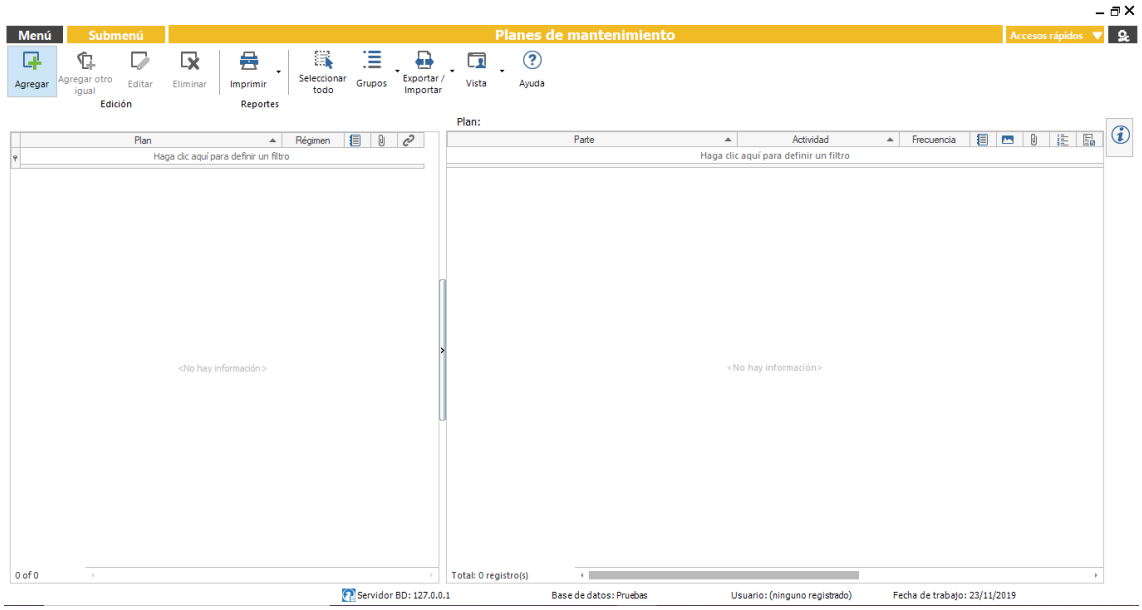
Figura 47. Módulo localizaciones de los equipos



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

7.3.3 Módulo planes de mantenimiento. Permite crear y planificar las rutinas de mantenimiento que deben realizarse en las máquinas. Dentro de este módulo, el usuario ingresa las respectivas partes de un equipo con sus actividades de mantenimiento, descritas por la frecuencia de realización, los procedimientos a seguir e imágenes del proceso. En la Figura 48 se observan las funciones de este módulo.

Figura 48. Módulo planes de mantenimiento

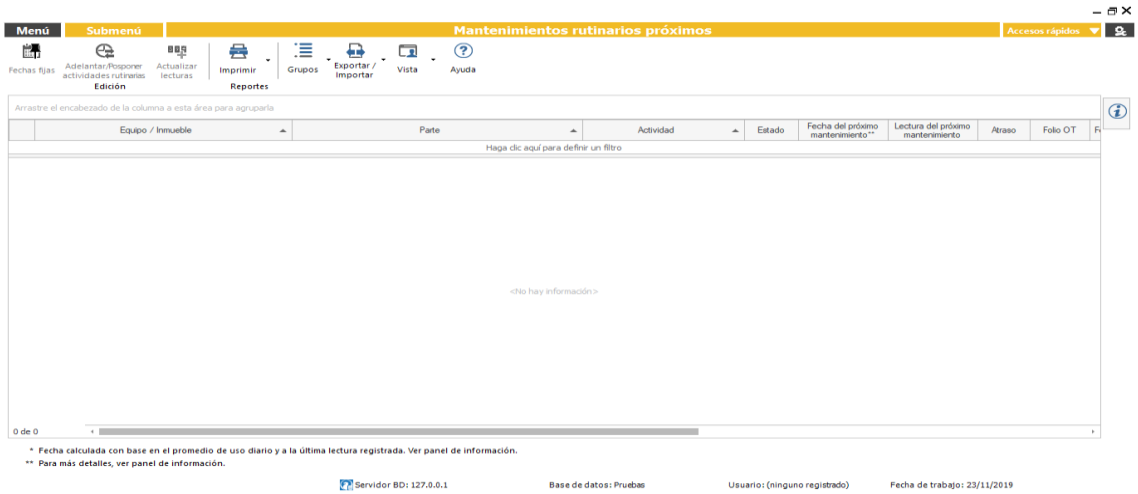


Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

7.3.4 Módulo mantenimientos rutinarios próximos. Permite consultar las fechas

o lecturas del próximo mantenimiento de todos los equipos ligados a un plan de mantenimiento. Además se pueden generar órdenes de trabajo, adelantar o posponer actividades, fijar fechas y registrar actividades realizadas sin orden de trabajo mediante las funciones del submódulo. En la Figura 49 se observan las funciones de este módulo.

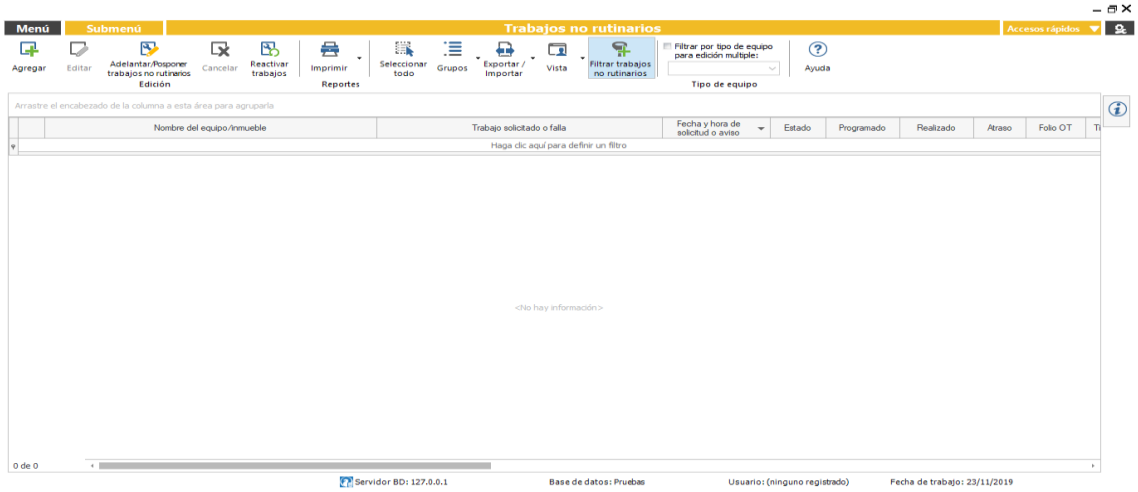
Figura 49. Módulo mantenimientos próximos rutinarios



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

7.3.5 Módulo trabajos no rutinarios. Permite registrar, editar y consultar actividades de mantenimiento que no se realizan en un equipo de forma rutinaria o repetitiva, ya sea un trabajo correctivo, preventivo, de mejora o apoyo. En la Figura 50 se observan las funciones de este módulo.

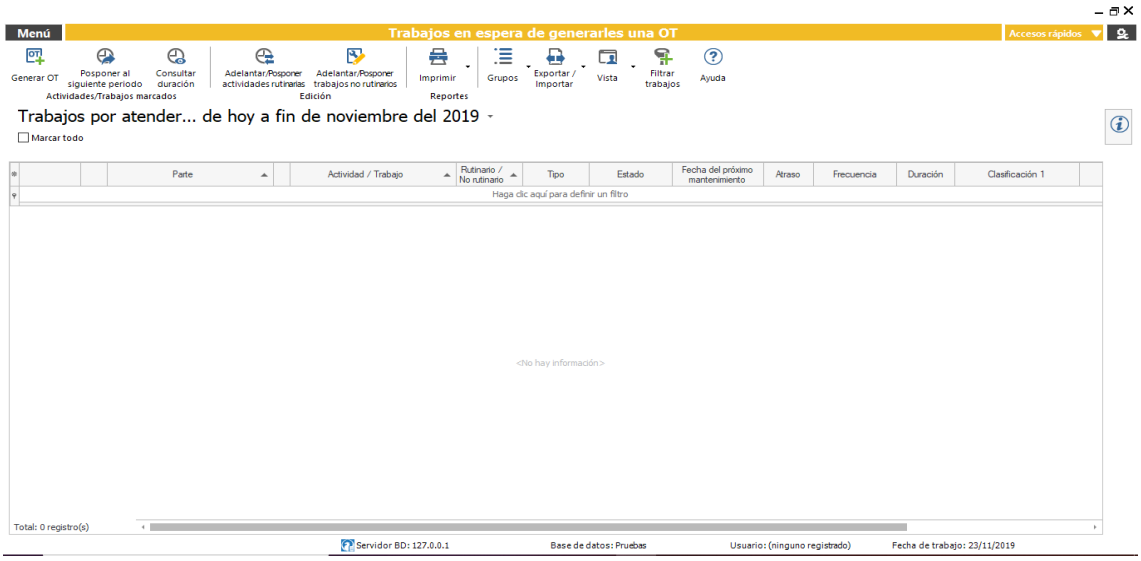
Figura 50. Módulo trabajos no rutinarios



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

7.3.6 Módulo trabajos en espera de generarles una OT. Presenta una lista con todas las actividades rutinarias y no rutinarias programadas para realizarse en el período, el cual puede ser de corte diario, semanal o mensual. El usuario debe seleccionar las actividades que desea incluir y mediante el botón de comando en la barra de herramientas, generar la orden de trabajo. En la Figura 51 se observa el módulo al cual se hace referencia.

Figura 51. Trabajos en espera de generar una OT para el camión cisterna M4

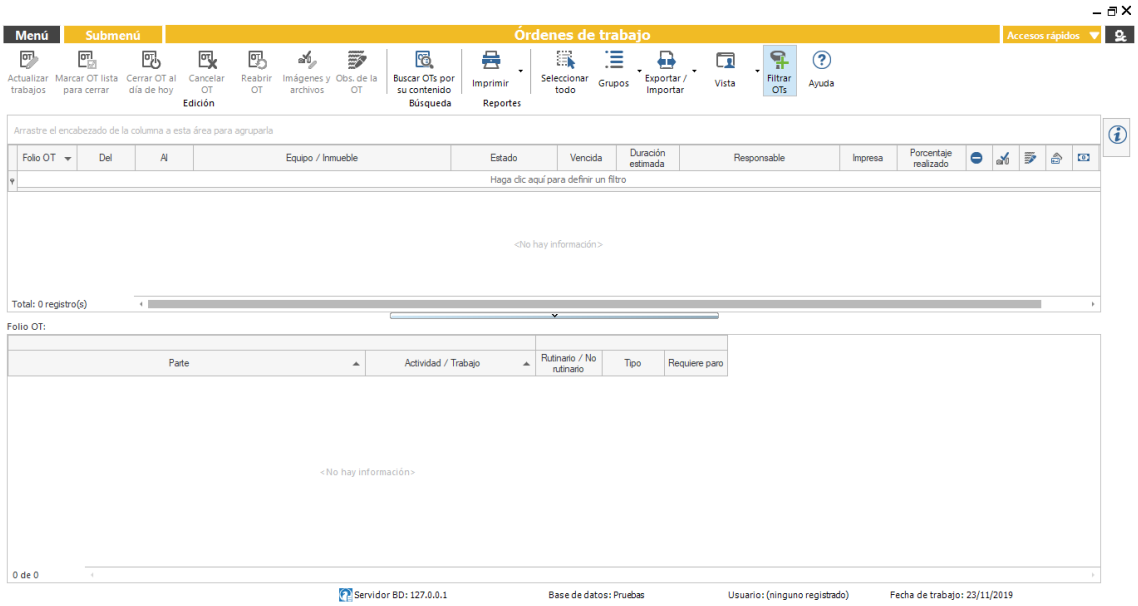


Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

Las actividades incluidas en la orden de trabajo generada por el usuario, dejan de aparecer en la lista de trabajos en espera, ya que a partir de ahí las mismas se administran y controlan desde el módulo Órdenes de Trabajo.

7.3.7 Módulo órdenes de trabajo (OT). Permite administrar, controlar, actualizar y hacer un seguimiento de las órdenes de trabajo generadas. Cuando el usuario genera una orden de trabajo, esta queda abierta hasta ser atendida por el personal de mantenimiento, a medida que se van realizando las actividades incluidas en la orden, el encargado de administrar el programa debe ir actualizando e indicando los trabajos completados, una vez finalizadas todas las actividades, la orden de trabajo debe marcarse como lista para cerrar y finalmente cerrarla mediante los respectivos comandos en la barra de herramientas. En la figura 52 se observan las funciones del módulo en mención.

Figura 52. Módulo órdenes de trabajo



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

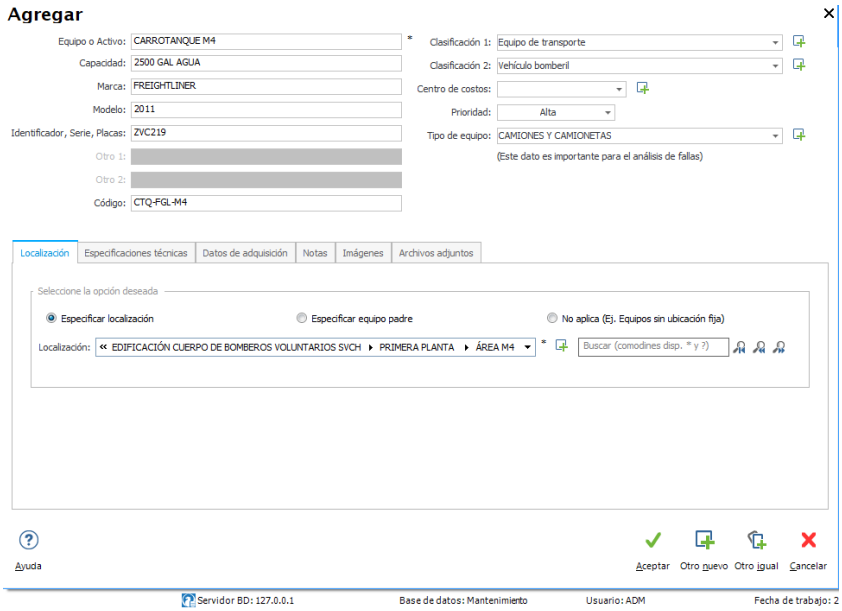
8. PRUEBAS DEL MP SOFTWARE EN EL CBVSV

Este capítulo consiste en verificar el correcto funcionamiento del sistema de información.

8.1 REGISTRO DE INFORMACIÓN

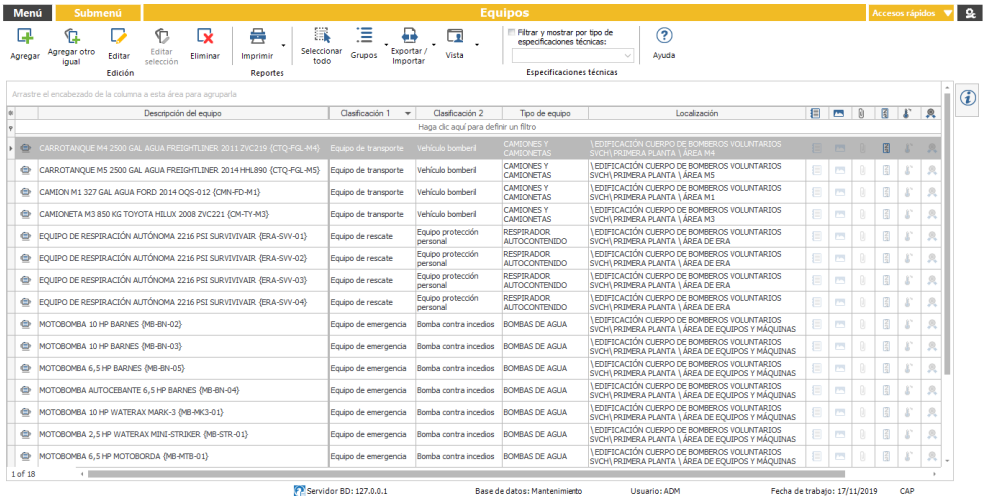
La primera etapa radica en suministrarle al sistema toda la información de los equipos que se desea mantener, datos de localización o ubicación física de los activos y planes de mantenimiento de los mismos. En la Figura 53 se observa el registro del camión cisterna M4 y en la Figura 54 se comprueba que el equipo está dentro del listado de equipos.

Figura 53. Prueba de registro de un equipo



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

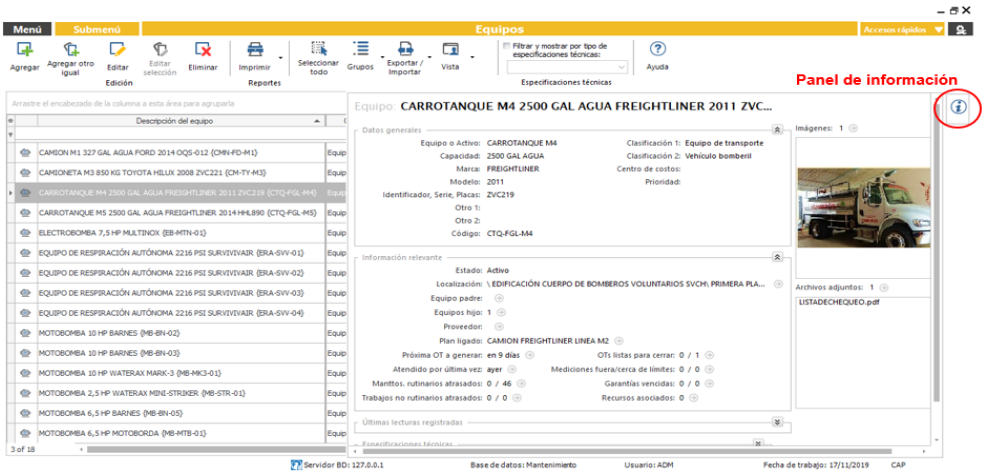
Figura 54. Prueba de registro de equipos



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

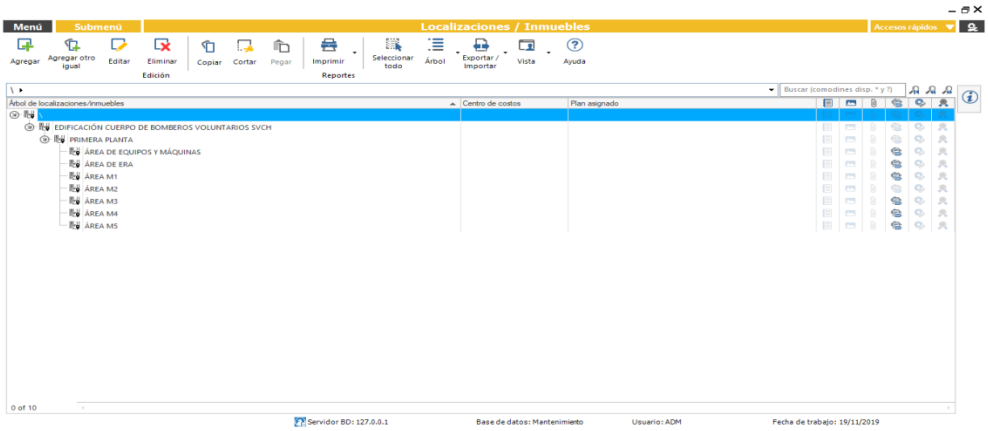
Después de ingresar todos los equipos, se selecciona como ejemplo el camión cisterna M4 y se comprueba mediante el panel de información en la Figura 55 que la información mostrada efectivamente coincide con el equipo seleccionado y por lo tanto no hay pérdida de información. En la Figura 56 se observan las ubicaciones físicas registradas.

Figura 55. Prueba del panel de información de los equipos



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

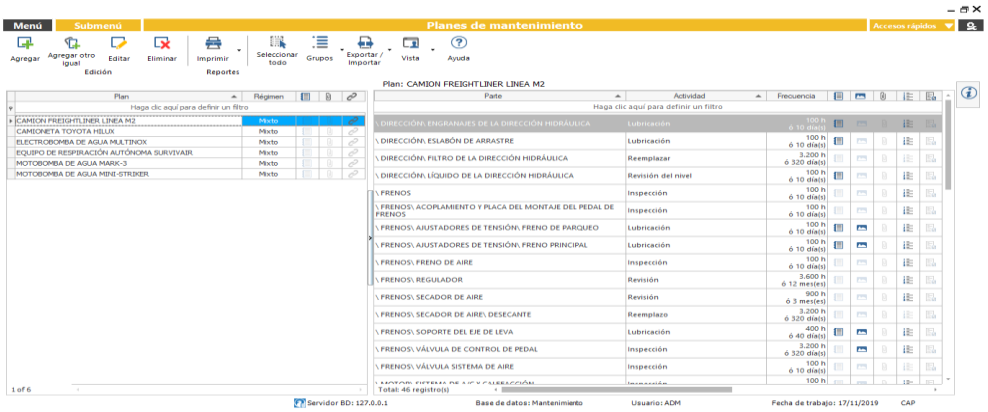
Figura 56. Prueba de registro de localizaciones



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

En la Figura 57 se puede observar el registro de la lista de acciones a ejecutar que corresponde al plan de mantenimiento de los camiones cisterna Línea M2.

Figura 57. Prueba de registro de planes de mantenimiento



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

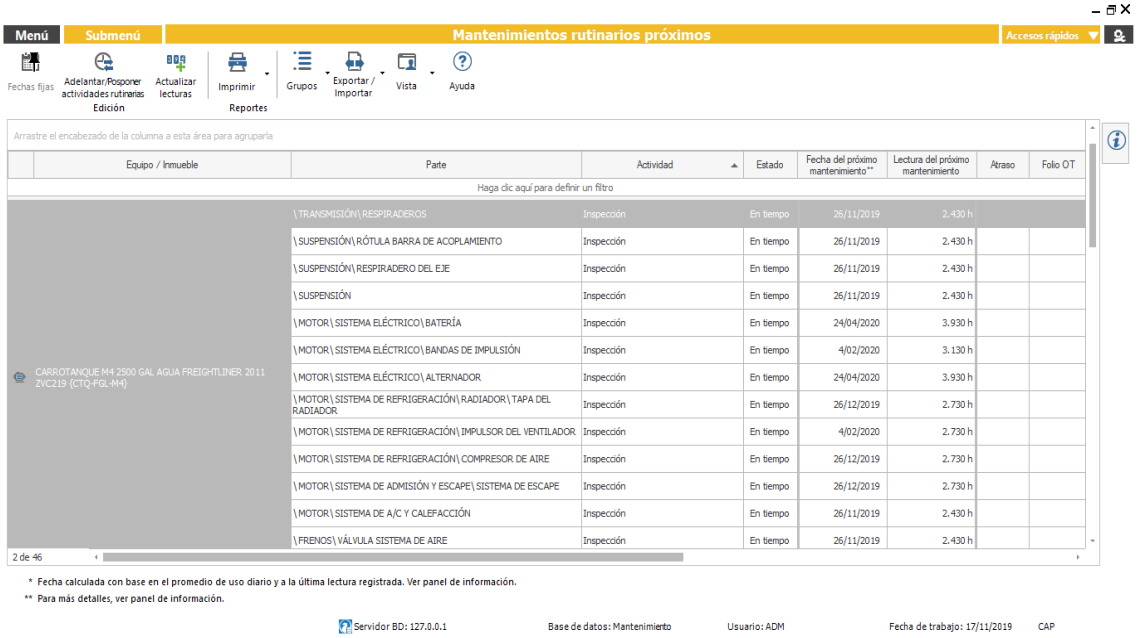
Después de crear un plan, este debe ligarse a un equipo para iniciar la programación de las actividades de mantenimiento del mismo. El usuario debe seleccionar el equipo al cual desea ligar el plan y luego ingresar la última lectura conocida del mismo (kilómetros recorridos u horas de uso acumuladas) y el uso

estimado mensual. Estos datos son realmente importantes ya que con estos se pronostica la posible fecha de realización de las actividades de mantenimiento.

8.2 GENERACIÓN DE INFORMES

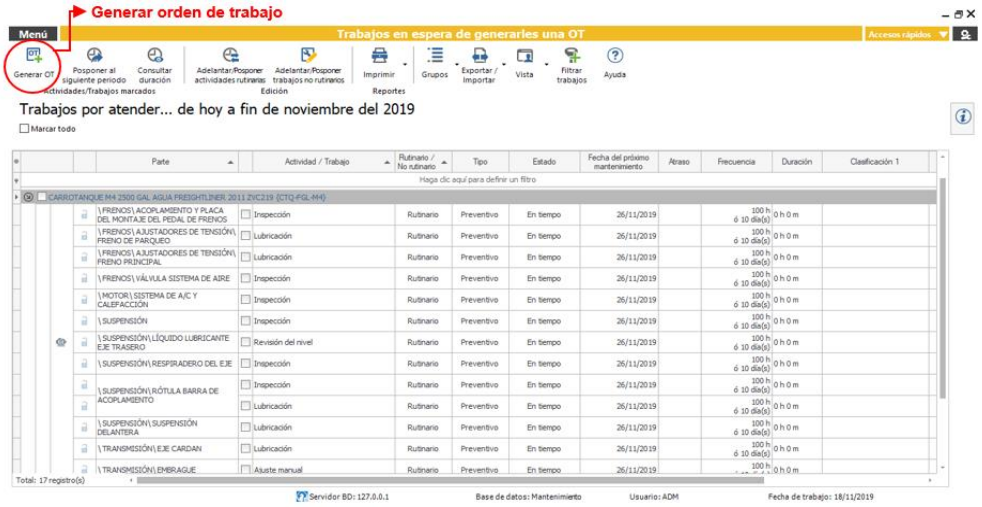
La segunda etapa consiste en verificar que el software calcula oportunamente los mantenimientos próximos de los diversos equipos teniendo en cuenta las frecuencias de intervención y las lecturas de uso proporcionadas por el administrador. Este factor es realmente importante para generar a tiempo informes como órdenes de trabajo y cronograma de actividades. Ver Figuras 58 y 59.

Figura 58. Prueba de los mantenimientos rutinarios próximos programados por el software



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

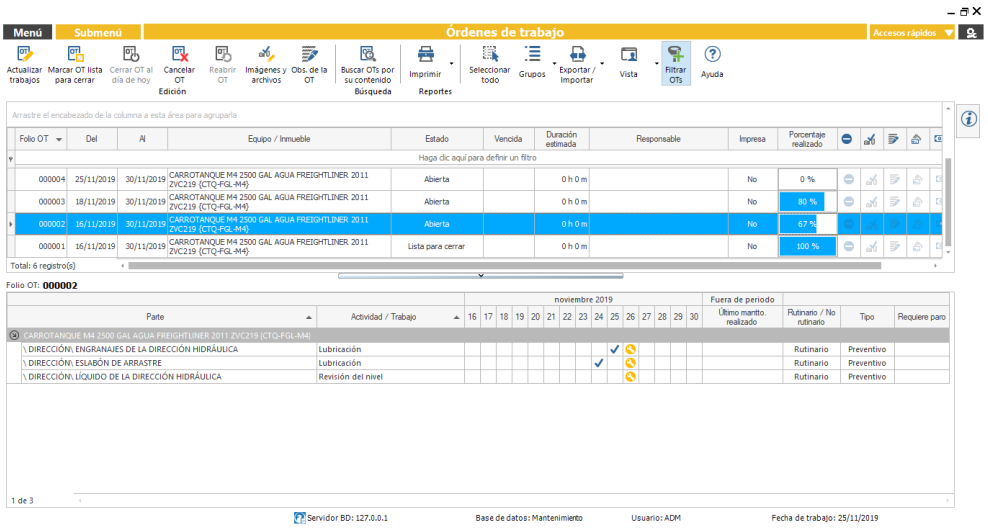
Figura 59. Prueba para generar orden de trabajo



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

Desde el módulo Trabajos en espera se generan las diversas órdenes de trabajo. En el Anexo J se observa una orden de trabajo generada por el programa. En la Figura 60 se verifica que las órdenes de trabajo generadas quedan guardadas en el módulo órdenes de trabajo

Figura 60. Prueba para gestionar y controlar las órdenes de trabajo generadas



Fuente: MP SOFTWARE, versión 10. San Vicente de Chucurí, noviembre de 2019

9. ANÁLISIS ECONÓMICO[16]

Se debe realizar un estudio de viabilidad sobre el presente proyecto para determinar si este realmente aportará los beneficios que se esperan y si es factible o no su implementación en la empresa. Para evaluar económicamente el proyecto de inversión se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Valor actual neto (VAN): Es un indicador que mide la viabilidad del proyecto. Permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

$$VAN = -A + \sum_{t=1}^{n} \frac{Q_t}{(1+K)^t}$$

Donde:

$$Q_t = Flujo\ neto\ de\ caja\ de\ cada\ período\ (Q_t = Ingresos - Egresos)$$

$$A = Inversión\ inicial$$

$$n = Duración\ del\ proyecto$$

$$K = Tasa\ de\ descuento$$

El criterio del VAN propone que un proyecto de inversión solo debe emprenderse si su VAN es mayor que cero ya que esto garantiza una ganancia total neta actualizada suficiente para amortizar y retribuir el capital invertido.

- Tasa interna de rentabilidad TIR (r): Es un indicador que mide la rentabilidad del proyecto. Se define como la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero, significa que es la tasa de descuento máxima para que el proyecto sea aceptable, cualquier tasa de descuento mayor al TIR hará negativo el valor del VAN.

[16] SECO, Maité. Análisis de Inversiones. Contabilidad y Finanzas. Madrid: Escuela de Organización Industrial: 2007. p. 4-28

$$VAN = 0 = -A + \sum_{t=1}^{n} \frac{Q_t}{(1+r)^t}$$

Donde r es la tasa interna de rentabilidad TIR

La TIR debe compararse con la tasa mínima que la empresa haya establecido como deseable para obtener en el proyecto de inversión. Siendo K la tasa de descuento o rentabilidad mínima aceptable para el proyecto:

$$TIR(r) > K \rightarrow Aceptar\ el\ proyecto$$
$$TIR(r) < K \rightarrow Rechazar\ el\ proyecto$$

- Período de recuperación de la inversión (PAY-BACK): Es el período de tiempo que necesita el proyecto para recuperar la inversión inicial. Se calcula acumulando los sucesivos flujos de caja hasta que su suma sea igual al desembolso inicial A.

$$Payback = a + \frac{A - b}{Q_{payback}}$$

Donde:

$$a = Es\ el\ número\ inmediatamente\ anterior\ a\ recuperar\ el\ desembolso\ inical$$
$$b = Es\ la\ suma\ de\ flujos\ de\ caja\ hasta\ el\ final\ del\ período\ a$$
$$Q_{payback} = Es\ el\ valor\ del\ flujo\ de\ caja\ del\ período\ en\ el\ que\ se\ recupera\ A$$

9.1 INVERSIÓN INICIAL

La primera etapa es determinar cuanto es el monto inicial que debe invertir la empresa para implementar el proyecto. Dentro de esta inversión se debe considerar la licencia por suscripción anual del sistema de información (MP

software) que debe adquirir la empresa, en el Anexo K se muestra la cotización en línea realizada para la versión profesional, la cual incluye revisiones actualizaciones y cambios mayores de la versión 10 y futuras versiones. También se debe tener en cuenta la adquisición de un computador que cumpla con los requerimientos mínimos del programa apreciados en la Tabla 29.

Tabla 29. Requerimientos mínimos del equipo

Sistema operativo 32/64 bits	Windows 7 / 8 / 8.1 / 10 Windows Server 2012 / 2012 R2 / 2016 / 2019
Procesador	Intel® Core™ i7-2600 CPU @ 3.40 GHz o superior
Memoria RAM	4 GB (8 GB recomendado)
Espacio en disco	800 MB
Resolución Monitor	1024×720 pixeles color de alta densidad o superior

Fuente: Centro de ayuda y aprendizaje MP SOFTWARE, versión 10

Teniendo en cuenta los conceptos descritos anteriormente, en la Tabla 30 se puede apreciar a cuanto equivale la inversión inicial del proyecto.

Tabla 30. Desembolso inicial del proyecto

CONCEPTO DE INVERSIÓN	COSTO
Licencia anual MP software	$ 3.189.200
Computador	$ 2.700.000
TOTAL	$ 5.889.200

9.2 FLUJO DE CAJA O CASH FLOW

Es un elemento clave para valorar la liquidez de un proyecto, se entiende como el valor neto que arroja la suma de las entradas (ingresos) y salidas (egresos) que genera un proyecto a lo largo de un período de tiempo determinado.

9.2.1 Entradas. Se toma únicamente como ingreso del proyecto, el costo de mantenimiento correctivo ya que, con el cumplimiento de las diversas actividades de mantenimiento preventivo, el gasto que se generaba antes de la implementación del proyecto pasará a ser un ahorro para la empresa.

El costo de mantenimiento correctivo se toma a partir de los gastos por mano de obra y repuestos apreciados en las facturas de cobro por parte de los proveedores de mantenimiento en la modalidad outsourcing de los diversos equipos en el año 2019. En la Tabla 31 se observan los costos de mantenimiento correctivo generados en el año.

Tabla 31. Costo de mantenimiento correctivo año 2019

EQUIPO	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO ANUAL
Móvil 3, camioneta Toyota	$ 15.000.000
Móvil 4, camión cisterna	$ 8.200.000
Móvil 5, camión cisterna	$ 7.500.000
Motobomba Mark-3	$ 560.000
Motobomba Mini-Striker	$ 450.000
TOTAL AÑO 2019	$ 31.710.000
COSTO MENSUAL	$ 2.642.500

9.2.2 Salidas. Para la implementación del proyecto se debe considerar la contratación de una persona que supla las funciones de jefe de área del departamento de mantenimiento, lo que significa que se debe incluir el sueldo mensual más prestaciones por concepto de mano de obra entre los egresos del proyecto.

$$SUELDO\ TÉCNICO\ DE\ MANTENIMIENTO + PRESTACIONES = \$1.800.000$$

Después de determinar la inversión inicial requerida, los ingresos y egresos del proyecto y teniendo en cuenta una inflación de ingresos de 1,2% se procede a realizar el análisis económico que indica la viabilidad y rentabilidad del plan propuesto.

$$VAN = -5.889.200 + \frac{2642500 - 1800000}{(1+0{,}06)^1} + \frac{2674210 - 1800000}{(1+0{,}06)^2} + \frac{2706301 - 1800000}{(1+0{,}06)^3} + \frac{2738776 - 1800000}{(1+0{,}06)^4} + \frac{2771641 - 1800000}{(1+0{,}06)^5} + \frac{2804901 - 1800000}{(1+0{,}06)^6} + \frac{2838560 - 1800000}{(1+0{,}06)^7} + \frac{2872623 - 1800000}{(1+0{,}06)^8} + \frac{2907094 - 1800000}{(1+0{,}06)^9} + \frac{2941979 - 1800000}{(1+0{,}06)^{10}} + \frac{2977283 - 1800000}{(1+0{,}06)^{11}} + \frac{3013010 - 1800000}{(1+0{,}06)^{12}}$$

$$TIR = -5.889.200 + \frac{2642500 - 1800000}{(1+r)^1} + \frac{2674210 - 1800000}{(1+r)^2} + \frac{2706301 - 1800000}{(1+r)^3} + \frac{2738776 - 1800000}{(1+r)^4} + \frac{2771641 - 1800000}{(1+r)^5} + \frac{2804901 - 1800000}{(1+r)^6} + \frac{2838560 - 1800000}{(1+r)^7} + \frac{2872623 - 1800000}{(1+r)^8} + \frac{2907094 - 1800000}{(1+r)^9} + \frac{2941979 - 1800000}{(1+r)^{10}} + \frac{2977283 - 1800000}{(1+r)^{11}} + \frac{3013010 - 1800000}{(1+r)^{12}} = 0$$

$$Payback = 8 + \frac{5889200 - 794811 - 778044 - 760947 - 743599 - 726067 - 708416 - 690702 - 672977}{655287}$$

En la Tabla 32 se observan cada uno de los valores y resultados de las anteriores ecuaciones.

Tabla 32. Resultados del análisis económico

DATOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN			
TASA INTERNA DE OPORTUNIDAD	6%	INVERSIÓN	$ 5.889.200
INFLACIÓN DE INGRESOS	1,20%	INGRESOS	$ 2.642.500
TIEMPO DE RECUPERACIÓN(meses)	12	EGRESOS	$ 1.800.000

TABLA DE ANÁLISIS						
MES	**INVERSIÓN**	**INGRESOS**	**EGRESOS**	**FLUJO DE CAJA**	**VALOR ACTUAL**	**ACUMULADO**
0	$ 5.889.200			-$ 5.889.200	-$ 5.889.200	-$ 5.889.200
1		$ 2.642.500	$ 1.800.000	$ 842.500	$ 794.811	-$ 5.094.389
2		$ 2.674.210	$ 1.800.000	$ 874.210	$ 778.044	-$ 4.316.345
3		$ 2.706.301	$ 1.800.000	$ 906.301	$ 760.947	-$ 3.555.397
4		$ 2.738.776	$ 1.800.000	$ 938.776	$ 743.599	-$ 2.811.799
5		$ 2.771.641	$ 1.800.000	$ 971.641	$ 726.067	-$ 2.085.732
6		$ 2.804.901	$ 1.800.000	$ 1.004.901	$ 708.416	-$ 1.377.316
7		$ 2.838.560	$ 1.800.000	$ 1.038.560	$ 690.702	-$ 686.615
8		$ 2.872.623	$ 1.800.000	$ 1.072.623	$ 672.977	-$ 13.638
9		$ 2.907.094	$ 1.800.000	$ 1.107.094	$ 655.287	$ 641.650
10		$ 2.941.979	$ 1.800.000	$ 1.141.979	$ 637.675	$ 1.279.325
11		$ 2.977.283	$ 1.800.000	$ 1.177.283	$ 620.178	$ 1.899.503
12		$ 3.013.010	$ 1.800.000	$ 1.213.010	$ 602.829	$ 2.502.332

Valor actual neto	**VAN**	$ 2.502.332
Tasa interna de rentabilidad	**TIR**	9%
Período de recuperación de la inversión	**PAY-BACK (meses)**	8,021

De la tabla se puede apreciar que:

- La inversión inicial para el proyecto se recupera a los 9 meses.
- El valor actual neto VAN es superior a cero, luego el proyecto es viable y genera unas ganancias de $1.174.189
- La tasa interna de rentabilidad TIR del 9% es mayor a la tasa de descuento esperada por la empresa del 6% lo que garantiza que el VAN es mayor a cero.

El estudio económico del proyecto PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DEL CUERPO DE BOMBEROS DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ indica que el proyecto es viable para la empresa

10. CONCLUSIONES

Se cumplió con el propósito de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander al emplear los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el plan de estudios y elaborar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del cuerpo de bomberos voluntarios del municipio de San Vicente de Chucurí.

Se efectuó el reconocimiento de la empresa para conocer el estado actual del mantenimiento y todo el proceso administrativo que esta rama implica, en el cual se encontraron deficiencias al no contarse con una estructura organizacional encargada de definir, programar y ejecutar las respectivas actividades de mantenimiento que requieren cada una de las máquinas con las que se cuenta.

Se estructuró el departamento de mantenimiento en el CBVSV en el cual se definió la estructura organizacional de la empresa, encabezada por un jefe de área, un supervisor encargado de la gestión interna de mantenimiento y un supervisor encargado del mantenimiento modalidad outsourcing.

Se realizó la identificación y caracterización tanto de las funciones o servicios prestados por la institución como de los equipos y máquinas requeridos para atender cada una de las diversas situaciones o llamados de emergencia de la comunidad.

Se estableció una forma común para reconocer e identificar las principales características de un equipo mediante un código alfanumérico único e irrepetible asignado a cada máquina de la empresa que cumple lo establecido en la norma ISO 14224.

Se elaboró un análisis de criticidad siguiendo el modelo de criticidad por riesgo ajustado a la situación de no contarse con información relacionada con el historial de falla de las máquinas y se identificaron diez equipos críticos, los cuales requieren mayor atención por parte del área de mantenimiento.

Se realizó también un análisis de criticidad en los equipos críticos identificados previamente, siguiendo el mismo modelo, con la finalidad de detallar y priorizar las actividades de mantenimiento requeridas por los subsistemas críticos de cada equipo.

Se elaboraron los planes de mantenimiento de cada uno de los equipos críticos teniendo en cuenta las recomendaciones encontradas en los manuales del fabricante junto con la experiencia y los conocimientos empíricos puestos a disposición por parte del CBVSV.

Se diseñaron y elaboraron los formatos para ficha técnica, hoja de vida, carta de lubricación, inspección pre operacional, rutinas de mantenimiento y orden de trabajo de los equipos con la finalidad de administrar y controlar cada una de las actividades de mantenimiento que se realicen.

Se seleccionó y gestionó la licencia de uso de la versión gratuita versión 10 del MP software (fines corporativos) como sistema de información para el CBVSV, la cual cuenta con las principales funciones para administrar el departamento de mantenimiento y se adapta a las necesidades de la empresa.

Se implementó el departamento de mantenimiento mediante el MP software, al cual se le suministró toda la información recopilada y diseñada basada en datos generales y especificaciones técnicas, rutinas de mantenimiento, lecturas del tiempo de uso y prioridad de los equipos del CBVSV.

BIBLIOGRAFÍA

BILBAO, M y MÁLAGA, A. Contaje de partículas. s.l: s.n., s.f. [En línea]. (Recuperado en 5 febrero 2019). Disponible en: lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Contaje_de_part%C3%ADculas_ES.pdf

BORRAS, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento Material Docente. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 23-26

BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1991. p.9

ESPINOZA, Liseth. Cuerpo de bomberos voluntarios San Vicente de Chucurí. [En línea]. (Recuperado en 29 enero 2019). Disponible en: http://liseth93.wixsite.com/bomberossanvicente/untitled

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO 14224:2016. Geneva, Switzerland: ISO, 2006. 30 p.

GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003. p. 173. ISBN 84-7978-548-9

GIRALDO, Rubén. Aceites hidráulicos y de lubricación, normas técnicas filtración. Medellín. Octubre 2006. (Recuperado en 5 de febrero 2019). Disponible en: www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%2040.pdf

INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL. Manual de prevención de riesgos laborales en el sector agrario: Navarra: I.G Castuera, s.f. [En línea]. (Recuperado en 22 febrero 2019). Disponible en: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/2AC4FF74-D58C-4B4B-990F 085F5915ED44/0/06unidad6.pdf

ITT GOULDS PUMPS. Manual de instalación, funcionamiento y mantenimiento: Seneca Falls: ITT Corporación, 2018. [En línea]. (Recuperado en 22 octubre 2019). Disponible en: https://www.gouldspumps.com/ittgp/medialibrary/goulds/website/Literature/Instruction%20and%20Operation%20Manuals/Numerical/3700_IOM_Spanish.pdf?ext=.pdf

MARÍN, María; MARTÍNEZ, Wilson y OLMOS, Luis. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios. [Base de datos en línea]. Enero-diciembre 2015. Revista científica de la facultad de ingeniería *Cuaderno Activa*, 7(7), p.123-133. ISSN 202-8101. (Recuperado en 6 febrero 2019). Disponible en: http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/253

MP SOFTWARE. [software para control y administración del mantenimiento]. MP básico, versión gratuita. Disponible para la descarga en: http://www.mpsoftware.com.mx/descarga_e_instrucciones/

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. En: Diplomado ICOGAN. Ingeniería de Confiabilidad Operacional, Gestión de Activos y Mantenimiento (6 al 8 de diciembre 2017: Miami, Florida). [En línea]. (Recuperado en 9 octubre 2018). Disponible en: edoc.site/capitulo-vtecnicas-analisis-de-criticidad-2017-parra-crespo-pdf-free.html

RAMÍREZ, José. Criticidad y FMEA. Pamplona: Universidad de Pamplona, 2014. [En línea]. (Recuperado en 9 octubre 2018). Disponible en: jacekleszczynski.com/images/5147/Criticidad.pdf

SECO, Maité. Análisis de Inversiones. Contabilidad y Finanzas. Madrid: Escuela de Organización Industrial: 2007. p. 4-28