

**IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO  
PROGRAMADO BASADO EN UN ÁRBOL LÓGICO DE  
DECISIONES EN LA EMPRESA EMCORINTO E.S.P**

**ORLANDO EMILIO SANABRIA BOHORQUEZ**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA,  
MECATRÓNICA E INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
PAMPLONA, diciembre 22 de 2020

**IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO  
PROGRAMADO BASADO EN UN ÁRBOL LÓGICO DE  
DECISIONES EN LA EMPRESA EMCORINTO E.S.P**

**ORLANDO EMILIO SANABRIA BOHORQUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director: Mg. William Javier Mora Espinosa**

Ingeniero Mecánico  
wjme11@gmail.com

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA,  
MECATRÓNICA E INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
Pamplona, diciembre 22 de 2020**

## DEDICATORIA

Primeramente, a mi DIOS porque sin las bendiciones y fortaleza que me ha dado hasta el momento, no hubiese sido posible culminar esta etapa profesional.

De igual manera a todas las personas que conforman mi núcleo familiar, mi madre, quien con su apoyo y pocos recursos me extendió su mano y siempre estuvo dispuesta a apoyarme, de manera que en ningún momento se rindió ante este proceso de formación que eh recibido; mis cuatro hermanas y sus familias quienes siempre han estado presentes con sus palabras de apoyo y motivación.

A cada uno de los docentes que durante mi instancia en la Universidad de Pamplona han dejado enseñanzas valiosas, en especial al cuerpo docente del programa de ingeniería mecánica, que, en sus esfuerzos por entregar profesionales de calidad a la sociedad colombiana, han formado en mi un carácter y me han trasmitido conocimientos esenciales que estoy seguro, me serán de gran ayuda en la nueva etapa que comienzo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a cada una de las personas que conforman la empresa EMCORINTO, en especial al señor José Camilo Polania, Gerente de dicha entidad, quienes brindaron su confianza para poder realizar mis estudios e investigación, igualmente mostraron su atención e interés con el fin de realizar cambios en la estructura de la empresa en cuanto a mantenimiento con el ánimo de una mejora continua.

Al docente de ingeniería mecánica, Mg William Javier Mora Espinosa quien siempre estuvo presto en el momento que surgieron inquietudes en el proceso investigativo.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 19 |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....  | 21 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                 | 22 |
| 4. OBJETIVOS .....  | 23 |
| 4.1 Objetivo general.....   | 23 |
| 4.2 Objetivos específicos.....                                      | 23 |
| 5. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA<br>24 |    |
| 5.1 HISTORIA.....   | 24 |
| 5.2 SERVICIOS OFRECIDOS .....                                       | 24 |
| 5.3 UBICACIÓN.....  | 25 |
| 5.4 ESTRUCTURA DE LA EMPRESA .....                                  | 27 |
| 5.5 LOGO EMCORINTO E.S.P .....                                      | 28 |
| 5.6 ORGANIGRAMA EMCORINTO E.S.P.....                                | 28 |
| 5.7 ÁREA DE MANTENIMIENTO .....                                     | 29 |
| 5.7.1 Recurso humano.....   | 29 |
| 5.8 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA .....                             | 31 |
| 5.8.1 Tamaño de la empresa. ....                                    | 31 |
| 5.8.2 Turnos de trabajo. ....                                       | 32 |
| 5.9 REGISTROS.....  | 33 |
| 5.10 ESTADO DE LAS MÁQUINAS .....                                   | 33 |
| 5.10.1 Maquinaria planta de tratamiento de agua potable. ....       | 34 |
| 5.10.1.1 Bomba multi-etapa vertical VSE 4 12-50.....                | 34 |
| 5.10.1.2 Bomba autocebante con motor electico.....                  | 34 |
| 5.10.1.3 Motobomba y generador electrico. ....                      | 35 |
| 5.10.1.4 Cuarto de máquinas dosificadoras. ....                     | 36 |
| 5.10.2 Celda transitoria.....                                       | 38 |
| 5.10.2.1 Camión recolector.....                                     | 38 |
| 5.10.2.2 Buldózer.....  | 39 |
| 5.10.3 Edificio principal. ....                                     | 40 |

|   |    |
|---|----|
| 6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FORMATOS REQUERIDOS Y DETERMINACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO..... | 41 |
| 6.1 CODIFICACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS.....   | 41 |
| 6.1.1 Codificación de instalaciones.....  | 42 |
| 6.1.2 Codificación de recurso humano.....   | 42 |
| 6.1.3 Codificación de maquinaria y equipos.....   | 44 |
| 6.1.4 Implementación de códigos.....  | 46 |
| 6.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FORMATOS DE CHEQUEO .....  | 47 |
| 6.3 INFORME DE AVERÍA .....   | 49 |
| 6.4 ESTUDIO DE CRITICIDAD .....   | 49 |
| 6.4.1 Matriz estructural de análisis de criticidad.....   | 51 |
| 6.5 ÁRBOL DE DECISIÓN O ÁRBOL DE FALLA.....   | 52 |
| 6.5.1 Elaboración del árbol de decisiones.....  | 53 |
| 6.6 ANÁLISIS MODOS Y EFECTO DE FALLAS .....   | 55 |
| 6.6.1 Modo de falla.....  | 56 |
| 6.6.2 Efecto de falla. ....   | 56 |
| 7. IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO .....   | 58 |
| 7.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....  | 58 |
| 7.1.1.1 Socialización de formatos.....  | 58 |
| 7.1.2 Formatos de lista de chequeo.....   | 59 |
| 7.1.3 Informe de avería. ....   | 59 |
| 7.2 RESULTADOS EN ESTUDIO DE CRITICIDAD .....   | 59 |
| 7.3 RESULTADOS DE ESTUDIO PARA EL BULDÓZER.....   | 60 |
| 7.3.1 Árbol lógico de decisiones buldózer.....  | 62 |
| 7.3.1.1 Árbol lógico de decisiones por pérdida de presión en sistema hidráulico.....  | 62 |
| 7.3.1.2 Árbol lógico de decisiones por detección de sonidos extraños en tren de rodaje izquierda. ....  | 63 |
| 7.3.2 AMEF aplicado a fallas presentadas en buldózer. ....  | 64 |
| 7.3.3 Cronograma de mantenimiento para buldózer. ....   | 64 |
| 7.4 RESULTADOS PARA CAMIÓN COMPACTADOR .....  | 66 |
| 7.4.1 Árbol de decisión para falla en inyección de combustible motor camión compactador.....  | 67 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 7.4.2 | AMEF para falla de inyección en camión compactador.....                               | 68 |
| 7.4.3 | Cronograma de mantenimiento de camión compactador.....                                | 68 |
| 7.5   | GENERADOR ELÉCTRICO .....   | 70 |
| 7.5.1 | Árbol lógico de decisión para falla de sobrecalentamiento en generador eléctrico..... | 71 |
| 7.5.2 | AMEF aplicado a sobrecalentamiento de generador eléctrico. ....                       | 72 |
| 7.5.3 | Cronograma de mantenimiento programado para generador eléctrico.<br>73                |    |
| 7.6   | ELECTROBOMBA.....   | 73 |
| 7.6.1 | Árbol lógico de decisiones electrobomba autocebante. ....                             | 74 |
| 7.6.2 | Resultados de AMEF para posibles fallas en electrobomba. ....                         | 75 |
| 7.6.3 | Cronograma de mantenimiento electrobomba. ....  | 75 |
| 7.7   | ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....   | 76 |
| 8.    | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....   | 77 |
| 9.    | CONCLUSIONES.....   | 78 |
| 10.   | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 79 |
| 11.   | ANEXOS .....  | 81 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Distribución de plantas EMCORINTO. Fuente (el autor) .....                          | 26 |
| Tabla 2 estructura de la empresa. Fuente (el autor) .....                                   | 27 |
| Tabla 3 Personal técnico y operativo de la empresa. Fuente (el autor).....                  | 30 |
| Tabla 4 Equipos impulsados por motores a combustión interna. Fuente (el autor).....         | 31 |
| Tabla 5 Equipos alimentados por corriente eléctrica. Fuente (el autor) .....                | 31 |
| Tabla 6 Disposición de horarios de recolección de residuos sólidos. Fuente (el autor) ..... | 38 |
| Tabla 7 Sistema de codificación de equipos e instalaciones. Fuente (el autor) .....         | 41 |
| Tabla 8 Codificación de instalaciones EMCORINTO E.S.P. Fuente (el autor) .....              | 42 |
| Tabla 9 Descripción de caracteres en la codificación. Fuente (el autor) .....               | 42 |
| Tabla 10 Codificación de instalaciones. Fuente (el autor).....                              | 42 |
| Tabla 11 Codificación de recursos humanos. Fuente (el autor).....                           | 43 |
| Tabla 12 Descripción de caracteres del personal técnico. Fuente (el autor).....             | 43 |
| Tabla 13 Codificación de un equipo dosificador. Fuente (el autor).....                      | 44 |
| Tabla 14 Grupo de caracteres asociados a la máquina dosificadora. Fuente (el autor) .....   | 44 |
| Tabla 15 Codificación de equipos. Fuente (el autor) .....                                   | 45 |
| Tabla 16 Formato de informe de avería. Fuente (el autor) .....                              | 49 |
| Tabla 17 Factores ponderados de criticidad.....   | 50 |
| Tabla 18 Matriz de criticidad. Fuente (el autor) .....                                      | 52 |
| Tabla 19 resultado de estudio de criticidad. Fuente (el autor) .....                        | 60 |
| Tabla 20 Hoja de vida Buldózer. Fuente (el autor).....                                      | 61 |
| Tabla 21 Resultados AMEF de fallas en buldózer. Fuente (el autor) .....                     | 64 |
| Tabla 22 Cronograma de mantenimiento programado Buldózer. Fuente (el autor) .....           | 65 |
| Tabla 23 Hoja de vida, camión recolector, Fuente ( el autor).....                           | 66 |
| Tabla 24 Resultados AMEF para fallas de camión compactador. Fuente (el autor).....          | 68 |
| Tabla 25 Cronograma de mantenimiento camión compactador .....                               | 69 |
| Tabla 26 Ficha técnica generador electico. Fuente (el autor) .....                          | 70 |
| Tabla 27 Resultados AMEF para falla en generador eléctrico. Fuente (el autor).....          | 72 |
| Tabla 28 Cronograma de mantenimiento programado. Fuente (el autor).....                     | 73 |
| Tabla 29 Ficha técnica bomba autocebante. Fuente (el autor).....                            | 74 |
| Tabla 30 Resultados de AMEF en posibles fallas de electrobomba. Fuente (el autor) .....     | 75 |
| Tabla 31 Cronograma de mantenimiento electrobomba. Fuente (el autor) .....                  | 75 |
| Tabla 32 Análisis costo beneficio de mantenimiento. Fuente (el autor).....                  | 76 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Prestación de servicios de la empresa y sus diferentes tareas. Fuente (el autor)...  | 25 |
| Figura 2 Logo corporativo EMCORINTO E.S.P. Fuente (EMCORIINTO) .....  | 28 |
| Figura 3 Organigrama empresarial. (QUINTERO, 2019) .....  | 28 |
| Figura 4 Representación gráfica de una tarea típica de mantenimiento.....   | 29 |
| Figura 5 Tamaño de la empresa según el número de empleados. (Valdivieso, 2010).....   | 32 |
| Figura 6 Bitácora empresa emcorinto. Fuente (el autor).....   | 33 |
| Figura 7 Electro bomba vertical. Fuente (el autor) .....  | 34 |
| Figura 8 Electrobomba autocebante. Fuente (el autor) .....  | 35 |
| Figura 9 Generador eléctrico. Fuente (el autor) .....   | 36 |
| Figura 10 Motobomba. Fuente (el autor) .....  | 36 |
| Figura 11 Maquina dosificadora principal. fuente (el autor) .....   | 37 |
| Figura 12 Componentes de máquina dosificadora. Fuente (el autor) .....  | 37 |
| Figura 13 Camión recolector. Fuente (el autor).....   | 39 |
| Figura 14 Buldózer. Fuente (el autor).....  | 39 |
| Figura 15 Bomba centrífuga. Fuente (el autor).....  | 40 |
| Figura 16 implementación de códigos en dosificador. Fuente (el autor).....  | 46 |
| Figura 17 implantación de formatos máquina compactadora. Fuente (el autor).....   | 47 |
| Figura 18 Lista de chequeo. Fuente (el autor).....  | 48 |
| Figura 19 estructura de árbol de decisiones.(Gutiérrez, 2009) .....   | 53 |
| Figura 20 Ejemplo de árbol de decisiones. (Rodrigo Pascual J., 2002).....   | 54 |
| Figura 21 Simbología para la creación de un árbol de decisiones. (Rodrigo Pascual J., 2002)<br>.....                                | 55 |
| Figura 22 Ejemplo modo de falla.(José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010) .....   | 56 |
| Figura 23 Ejemplo efecto de falla(José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010).....   | 57 |
| Figura 24 Entrega de formatos y capacitación en la celda transitoria. Fuente (el autor).....  | 58 |
| Figura 25 capacitación empleados del área de aseo. Fuente (el autor) .....  | 59 |
| Figura 26 Árbol lógico de decisiones presión de aceite hidráulico, buldózer. Fuente (el autor) .....                                | 62 |
| Figura 27 Árbol lógico de decisión para tren de rodaje. Fuente (el autor) .....   | 63 |
| Figura 28 Árbol lógico de decisiones para fallo en suministro de combustible en motor de camión compactador. Fuente (el autor)..... | 67 |
| Figura 29 Árbol lógico de decisión, generador eléctrico. Fuente (el autor) .....  | 71 |
| Figura 30 Árbol lógico de decisiones para fallas de encendido y perdida de caudal. Fuente (el autor).....                           | 74 |

## LISTA DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1 Criticidad de un equipo ..... | 51 |
| Ecuación 2 Consecuencias .....           | 51 |

## LISTA DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo A Informe técnico para Bomba suplente en bocATOMA. Fuente (el autor) .....                      | 81  |
| Anexo B Formatos de lista de chequeo. Fuente (el autor) .....   | 88  |
| Anexo C Formato de informe de averías. Fuente (el autor).....   | 91  |
| Anexo D Resultado de análisis de criticidad. Fuente (el autor).....                                   | 96  |
| Anexo E Reconstrucción de zapatas y mantenimiento de rodamientos en buldózer. Fuente (el autor) ..... | 98  |
| Anexo F Cambio juntas tóricas de inyectores del motor camión compactador. Fuente (el autor) .....     | 101 |

-----

# IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO BASADO EN UN ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES EN LA EMPRESA EMCORINTO E.S.P

Sanabria Orlando<sup>a</sup>, Mora william<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Pamplona University, Km 1 Via B/manga, Pamplona, Colombia*

---

## Resumen

Esta investigación se centra en los criterios adoptados para desarrollar e implementar un plan de mantenimiento dentro de las instalaciones de la empresa EMCORINTO E.S.P. en el departamento del Cauca; ligados a los lineamientos de la metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) y con la ayuda de un árbol lógico de decisiones. Teniendo en cuenta que Colombia cuenta con un gran número de pequeñas y medianas empresas las cuales en su mayoría no disponen con herramientas, ni una instrucción adecuada en cuanto a mantenimiento, se da la necesidad de implementar herramientas para el mejoramiento de la producción con el fin de dar una mayor satisfacción a la población que recibe el producto final ofrecido por la entidad.

Para cumplir el objetivo propuesto, se procede a realizar una caracterización de los implementos y equipos con los que cuenta la empresa, así como un reconocimiento de cada una de las instalaciones donde se da el desarrollo de la investigación. Este reconocimiento de las instalaciones tuvo como fin, obtener información pertinente, con la cual se logró construir una hoja de vida o base de datos de cada una de las máquinas que prestan servicio a la empresa EMCORINTO E.S.P. con el objetivo de centrar la atención del estudio en las máquinas con problemas más profundos y de mayor relevancia, se implementa un estudio del análisis de criticidad de cada máquina teniendo en cuenta factores ponderados que sean de interés para la producción y buen desempeño de Emcorinto, es con los resultados obtenidos en este estudio que se eligen cinco máquinas las cuales requieren de la implementación de un plan mantenimiento programado.

El mantenimiento programado inicia sus tareas con el desarrollo de un árbol lógico de decisiones, enfocado en las averías en las que incurran los equipos que arrojaron un puntaje CRT >100 en el estudio de criticidad. De manera que dicha avería sea desglosada en los posibles causantes para llegar al mejoramiento y la eliminación de una falla similar en el futuro por parte del equipo estudiado. Luego de esto, se da consignación de la información arrojada dentro de un recuadro de análisis y efecto de falla generando las bases para la creación del plan de mantenimiento adecuado, enfocado en las posibles fallas que pueda presentar el equipo estudiado, en un futuro.

Las máquinas catalogadas como equipos críticos y sobre los cuales se da el desarrollo al estudio de este documento, son: el bulldózer, el camión recolector y la electrobomba, y con miras en realizar el debido estudio para dos equipos más, el generador eléctrico principal y el dosificador principal, que pueden ser de vital importancia en el momento en que incurran en la detención del sistema de forma no deseada.

La implementación del estudio desarrollado, ha dejado las bases estructuradas para que la organización técnica de la empresa Emcorinto pueda desarrollar las tareas de mantenimiento estipuladas en el documento, con el ánimo de mejorar los procesos y servicios ofrecidos a la comunidad. El realizar una investigación pertinente del desarrollo de los equipos, genera la confianza dentro de la estructura de la organización, ya que disminuyen las probabilidades de que ocurran sucesos que impidan la continuidad en la entrega de los servicios ofrecidos.

Palabras clave: árbol lógico de decisiones; AMEF; mantenimiento programado; criticidad.

---

## Abstract

This research focuses on the criteria adopted to develop and implement a maintenance plan within the facilities of the company EMCORINTO E.S.P. in the department of Cauca; linked to the guidelines of the failure mode and effect analysis methodology (FMEA) and with the help of a logical decision tree. Taking into account that Colombia has a great number of small and medium companies which in their majority do not have tools, nor an adequate instruction as far as maintenance is concerned, there is a need to implement tools for the improvement of the production in order to give a greater satisfaction to the population that receives the final product offered by the entity.

In order to fulfill the proposed objective, a characterization of the implements and equipment that the company has made, as well as a recognition of each of the facilities where the development of the research takes place. This recognition of the facilities had the purpose of obtaining pertinent information, with which it was possible to build a resume or database of each of the machines that serve the company ENCORINTO E.S.P. With the objective of focusing the attention of the study on the machines with deeper problems and of greater relevance, a study of the analysis of criticality of each machine is implemented taking into account weighted factors that are of interest for the production and good performance of Emcorinto, it is with the results obtained in this study that five machines are chosen which require the implementation of a programmed maintenance plan.

Scheduled maintenance begins its tasks with the development of a logical decision tree, focused on the failures incurred by the teams that gave a CRT score >100 in the criticality study. So that this breakdown is broken down into the possible causes to reach the improvement and elimination of a similar failure in the future by the equipment studied. After this, the information is recorded within a box of analysis and effect of failure, generating the basis for the creation of an appropriate maintenance plan, focused on the possible failures that may present the equipment studied in the future.

The machines catalogued as critical equipment and on which the development is given to the study of this document, are: the bulldozer, the collecting truck and the electric pump, and with a view to carry out the due study for two more equipments, the main electric generator and the main dispenser, which can be of vital importance at the moment they incur in the detention of the system in an undesired way.

The implementation of the study developed, has left the bases structured so that the technical organization of the company Emcorinto can develop the maintenance tasks stipulated in the document, with the aim of improving the processes and services offered to the community. Carrying out a pertinent research of the development of the equipment, generates confidence within the structure of the organization, since the probabilities of events that prevent the continuity in the delivery of the offered services decrease.

Keywords: logical decision tree; FMEA; scheduled maintenance; criticality.

---

## 1. Introducción

El suministro de agua potable ha sido a través de los tiempos una necesidad de vital importancia para el asentamiento de poblaciones a lo largo del territorio habitable de nuestro planeta, ya que de este recurso hídrico depende tanto la subsistencia de la población como gran parte de la economía de la misma; El agua es indispensable para el desarrollo de múltiples actividades, es por esto que se clasifica como un derecho fundamental para el ser humano[1], es de esta manera que se hace prioritaria la garantía del consumo de agua para todo el mundo. De igual manera este recurso natural es un bien público vital para sostenibilidad de vida y la salud pública, por ello, se toma como un bien público y un derecho fundamental indispensable para la vida [2]. Por lo tanto, se hace necesario, que el establecimiento y desarrollo de una población se de en un territorio con el abastecimiento de agua potable suficiente, ya sea que provenga de fuentes hídricas naturales (ríos, paramos o fuentes subterráneas), o como reutilización de aguas por medio de procesos más rigurosos de limpieza. Desde finales del siglo XX la población en Colombia ha aumentado en un 65%, y además se debe tener en cuenta que los centros poblados del país se encuentran cada vez más en crecimiento, lo que en un futuro promete

ser un reto para las nuevas generaciones, pues además del consumo humano, la industria y el sector agrícola también requieren del agua en muchos de sus procesos y tareas diarias [3]. En Colombia 391 municipios se encuentran susceptibles al desabastecimiento de agua, ya sea por disminución en la oferta natural, variabilidad climática o insuficiencia en la infraestructura [4], los demás municipios cuentan con recursos hídricos suficientes para el abastecimiento, tanto de la población, como la agricultura y el sostenimiento de las diferentes industrias existentes en la región, esto se debe a la ubicación privilegiada con la que cuenta el territorio nacional; ya que del 0.7% de los recursos hídricos a nivel mundial, nuestro país cuenta con el 5% de esta riqueza hídrica del planeta[4]. Teniendo en cuenta que el municipio de Corinto, Cauca; se encuentra en una ubicación geográfica favorable de manera que recibe el suministro de agua durante todo el año, ya que es alimentado por el río La Paila, quien le suministra un promedio de 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua a gran parte de la región del norte del cauca [5]. Este documento se centrará en obtener la mejor eficiencia y utilidad de los equipos encargados de diversas funciones como el suministro del cloro para la potabilización del agua, la alimentación de este fluido desde la bocatoma hasta la PETAP o equipos encargados

en el suministro de energía, entre otras máquinas indispensables para mantener un saneamiento básico dentro del territorio urbano del municipio. Esto por medio de la implementación y ejecución de un plan de mantenimiento y a su vez asegurando que la empresa prestadora de servicios de acueducto, aseo y alcantarillado EMCORINTO E.S.P, pueda lograr el objetivo de entregar un servicio óptimo a más de 13000 personas con las que cuenta la zona urbana del municipio de Corinto [6]. Un conocimiento bien estructurado sobre las actividades de mantenimiento dentro de las empresas, y su mejora continua, debería ser el objetivo de toda empresa para su crecimiento integral [7]

Al catalogar el mantenimiento como un conjunto de normas técnicas estructuradas con el fin de mantener la maquinaria de una planta en funcionamiento óptimo durante su vida útil, para que su rendimiento alcance los más altos estándares. Podemos referir que en los últimos tiempos el mantenimiento es la herramienta más importante dentro de la industria pues además de mantener en el mejor estado los equipos está comprometido directamente con la producción y la efectividad en la entrega de los servicios ofrecidos disminuyendo los costos de producción [8].

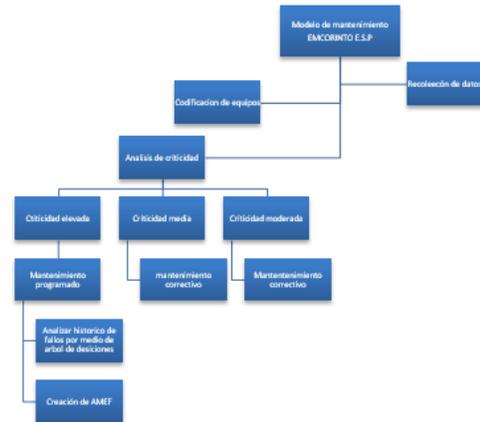
La creciente competencia entre industrias ha aprovechado la aparición de diversas herramientas y métodos. para apoyo en la toma de decisiones de mantenimiento [9]. Este documento presenta el desarrollo de un árbol lógico de decisiones, utilizando los datos arrojados por las investigaciones hechas en la maquinaria y equipo que presta servicio dentro de la empresa EMCORINTO E.S.P, con el fin de por medio de los resultados análisis y organización pueda arrojar resultados claros que generen soluciones al momento de la toma de decisiones cuando se incurra en fallas de los equipos.

El Análisis para los Árboles de Fallos (AAF), es una herramienta lógica que intenta deducir las causas que han producido un determinado suceso que se pueda determinar como un incidente [10]. De esta manera si el equipo falló debido al mal uso por parte del operario, puede realizarse una mejora en la capacitación de este, o por el contrario se detecta un causante de fallo dentro del sistema como partículas externas se deberá centrar la atención en los filtros que actualmente está utilizando el sistema, con el único objetivo de mejorar el proceso, disminuir la detención del

equipo y salvaguardar la integridad del ambiente y personas involucradas.

## 2. Metodología

Fig. 1. Metodología propuesta para la implementación de mantenimiento programado



### 2.1 Mantenimiento programado

El plan de mantenimiento programado dispuesto para la empresa EMCORINTO se basa en un árbol lógico de decisiones que será implementado posteriormente en un análisis de modo y efecto de falla, sin embargo, para el desarrollo de estas metodologías se hace necesario la implementación y desarrollo de múltiples tareas que determinaran a que equipos es necesario aplicarles el estudio propuesto. Las tareas desarrolladas se llevarán a cabo como esta descrito en la figura 1. Iniciarán con la recolección de datos, seguido se la asignación de códigos para una adecuada identificación de los equipos.

#### 2.1. Codificación de recursos físicos y humanos

Un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño [11].

se implementa la codificación para cada uno de los equipos, como se puede denotar en la tabla 2.

tabla 2. Codificación de equipos. (autor)

| EQUIPO                       | CODIGO       |
|------------------------------|--------------|
| GENERADOR ELECTRICO          | GE613PTLDA1  |
| GENERADOR ELECTRICO          | GE623PTLDA2  |
| MOTOBOMBA                    | MB743PTLCA1  |
| MOTOBOMBA                    | MB753PTLDA2  |
| GUADANA                      | GD813EPCH1   |
| GUADANA                      | GD823EPCH2   |
| GUADANA                      | GD833EPCH3   |
| SOPLADORA DE HOJAS           | SH853EPCH1   |
| CORTASETOS                   | CS863EPCH1   |
| CORTADORA DE PISO            | CP873EPCH1   |
| VIBROCOMPACTADOR             | VC893EPCH1   |
| AFRONANADORA                 | AF903EPCH1   |
| CLAMON COMPACTADOR           | CK811CTNA1   |
| BULLDOZZER                   | BZ811CTNA1   |
| MOTOBOMBA                    | MB793PTLCA1  |
| FORO RANGER                  | CR8113PTNA1  |
| MOTOBOMBA BOCATONA           | BB8133EPCH1  |
| BOMBA MULTITAPA VERTICAL     | BV753PTLCA1  |
| BOMBA AUTOCEBANTE            | EB753PTLCA1  |
| BOMBA AUTOCEBANTE            | EB753PTLCA2  |
| SOMEPALAMENTO                | SP803EPCH1   |
| TRILIZADORA RESINIOS SOLIDOS | TR8113EPCH1  |
| DOSIFICADOR PRINCIPAL        | DS753PTLMD1  |
| DOSIFICADOR ALTERNO          | DS753PTLMDA1 |
| DOSIFICADOR ALTERNO          | DS753PTLMDA2 |

### 2.1.1. Implementación de códigos

Para llevar a cabo la puesta en marcha de los formatos se hace necesario primeramente la finalización de la tarea de codificación, con el fin de no incurrir en confusiones por parte del personal operario. De esta manera queda evidenciado en la figura 2, un ejemplo de la implementación de códigos en las maquinas dosificadora y vibro compactador.



Figura 2 implementación de códigos en equipos. Autor

### 2.2. Diseño e implementación de formatos de chequeo

Es de vital importancia entender qué es una lista de chequeo y cuál es su aplicabilidad, existen muchos formatos de listas de chequeo para diversas actividades o equipos, pero cada lista de chequeo debe ser particular, aunque el especialista se pueda basar en el modelo. Se entiende por lista de chequeo (chek-list) a un listado de preguntas, en forma de cuestionario, que sirve para verificar el grado de cumplimiento de determinadas reglas establecidas con un fin determinado [10]. En la figura 3 se muestra el diseño de formato correspondiente al buldózer.

Figura 3. Formato de lista de chequeo. (Autor)

### 2.3. Informe de avería

En cuanto a las fallas que puedan presentar los equipos durante y después del diseño del plan de mantenimiento, se desea implementar un formato en el cual se pueda especificar las características del mismo, así como, el lugar donde ocurrió la avería, la descripción específica de la avería, las posibles causas que ha llevado a este suceso y si este equipo estaba en uso al momento de presentar la falla.

En la tabla 3 se muestra el formato correspondiente para el debido proceso de asignación y registro. Este registro deberá realizarse en el momento en el que el operario o técnico hagan entrega del debido reporte para luego ser consignado dentro la carpeta del equipo correspondiente con el fin de realizar un historial de fallas, sucesos y horas de trabajo.

Tabla 3 informe de averías. (autor)

| Informe de avería                            |                |              |
|--|----------------|--------------|
| INFORME N. DIA. 001                          |                |              |
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO                |                |              |
| CORRETO-AGUICA                               |                |              |
| Equipo:                                      | Materia:       | Falla:       |
| Operario:                                    | Módulo:        | Código:      |
| Eje o línea de trabajo:                      |                |              |
| Lugar de la avería:                          |                |              |
| Hora de la avería:                           |                |              |
| Estado del equipo en el momento de la falla: |                | Estado:      |
|  |                | EN OPERACION |
| Descripción avería:                          |                |              |
| Causa avería:                                |                |              |
| Reporte n.:                                  | Reportado por: |              |
| Realizado en fecha:                          |                |              |

### 2.4. Estudio de criticidad

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa [11].

De acuerdo a este listado y con algunas modificaciones ajustando los criterios y las necesidades que requiere la empresa, así como el tiempo de evaluación asignado a los equipos. Se realiza el estudio de criticidad para cada máquina registrada, teniendo en cuenta los ítems de los factores ponderados mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Valores ponderados de criticidad (autor)

| Ítem   | Valores |
|--|---------|
| <b>1. Frecuencia de fallas</b>   |         |
| Pobres mayor a 5 fallas por semestre   | 4       |
| Prevedido 3-5 fallas por semestre  | 3       |
| Buena 1-2 fallas por semestre  | 2       |
| Excelente menos de 1 falla por semestre  | 1       |
| <b>2. Impacto operacional</b>  |         |
| Parada de todo el proceso de la planta   | 10      |
| La parada del sistema tiene repercusión en otro sistema                              | 7       |
| Impacta a niveles de impacto o calidad   | 4       |
| No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción                 | 1       |
| <b>3. Flexibilidad operacional</b>   |         |
| No existe opción de producción y no existe opción de reposo.                         | 4       |
| Existe opción de máquina reemplazable  | 2       |
| Función de reposo disponible   | 1       |
| <b>4. Costo de mantenimiento</b>   |         |
| Mayor a igual a 1000000  | 2       |
| Inferior a 1000000   | 1       |
| <b>5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene</b>                                   |         |
| Afecta la seguridad humana tanto de entes externos como internos de la organización. | 8       |
| Afecta el ambiente o instalaciones   | 7       |
| Afecta las instalaciones causando daños serenos                                      | 5       |
| provoca daños menores (ambiente-seguridad)   | 3       |
| no provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente                  | 1       |

Teniendo en cuenta cada uno de los factores de ponderación descritos en la tabla 17 y con la ayuda de la ecuación 1, expresiones descritas igualmente por [12], se presenta la jerarquización para de los sistemas, a partir del modelo tomado.

$$CRT = Co * Ff \quad (1)$$

Donde:

CRT: Criticidad total

Co: Consecuencias

Ff: Frecuencia de fallas

$$Co = (Io * Fo) + Cm + SAH \quad (2)$$

Donde:

Io: Impacto ocupacional.

Fo: Flexibilidad operacional.

Cm: Costo de mantenimiento.

SAM: Impacto de seguridad, ambiente e higiene

### 2.4.1. Matriz estructural de análisis de criticidad

Con el resultado obtenido en la ecuación 2 y el valor ponderado, asignado a la frecuencia de fallas, es posible jerarquizar los equipos dentro de una empresa, como equipos de alta criticidad o equipos de baja criticidad. Este modelo se

representa de una forma más dinámica por medio de la matriz de riesgos de la tabla 5.

- **5 < CRT < 30** El equipo es moderadamente crítico.
- **31 < CRT < 95** El equipo es medianamente crítico.
- **CRT > 100** El equipo es altamente crítico.

Tabla 5 matriz de análisis de criticidad (autor)

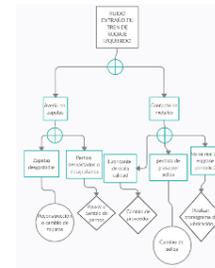
|                      |     | ANÁLISIS DE CRITICIDAD |     |     |     |     |     |
|----------------------|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      |     | 4                      | 3,5 | 3   | 2,5 | 2   | 1,5 |
| Frecuencia de fallas | 4   | 40                     | 80  | 120 | 160 | 200 |     |
|                      | 3,5 | 35                     | 70  | 105 | 140 | 175 |     |
|                      | 3   | 30                     | 60  | 90  | 120 | 150 |     |
|                      | 2,5 | 25                     | 50  | 75  | 100 | 125 |     |
|                      | 2   | 20                     | 40  | 60  | 80  | 100 |     |
|                      | 1,5 | 15                     | 30  | 45  | 60  | 75  |     |
| 1                    | 10  | 20                     | 30  | 40  | 50  |     |     |
| 0,5                  | 5   | 10                     | 15  | 20  | 25  |     |     |
|                      |     | Consecuencias          |     |     |     |     |     |
|                      |     | 10                     | 20  | 30  | 40  | 50  |     |

Esta tabla puede variarse en función de las consideraciones que haga la empresa para cada instalación en particular o circunstancia temporal específica, de manera que podemos obtener diversas variaciones de la función de riesgo y por tanto de la matriz de criticidad[12](Parra & Crespo, 2012)(Parra & Crespo, 2012).

## 3. Resultados

### 3.3. arboles lógicos de decisión

Los estudios de árboles lógicos de decisión quedan estructurados de la siguiente manera:



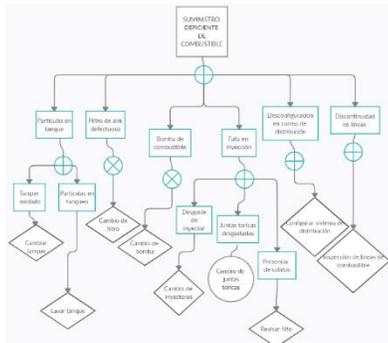


Fig. 3 Implementación de árboles de decisiones

Estos árboles de decisiones se basan en fallas que fueron abordadas y estudiadas durante el tiempo de estudio con el fin, no solo de ver lo que ya es evidente, si no, encontrar un trasfondo de la falla.

### 3.4. Resultados AMEF

Con los arboles lógicos de decisiones ya planteados se procede a la creación de los análisis de modo y efecto de falla.

| EMCORINTO                            |                 | SISTEMA: Carga transferida       |  | EMPRESA: EMCORINTO E.S.P                                   |   |  |                                   |  |        |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------------|--|--|---|--|-----------------------------------|--|--------|
| EQUIPO PRINCIPAL: Camión compactador |                 | FECHA INICIO agosto 2020         |  | FECHA TERMINACIÓN diciembre 2020                           |   |  |                                   |  |        |
| CÓDIGO: OB31CTNAP1                   |                 | PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO |  |  |   |  |                                   |  |        |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN                | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLA                   | EFFECTO DE FALLAS  | ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APLICANDO ÁRBOLES DE DECISIONES | FRECUENCIA DE APLICACIÓN  | PERSONAL   |                                   |  |        |
| 1                                    | 1A              | 1A1                              | Obstrucción de gases por presencia en el tanque                | Filtro de combustible con obstrucción por impurezas        | Preventivo / Realizar limpieza adecuada del tanque de combustible cambiar de proveedor si es necesario    | Diana  | Operario                          |  |        |
|                                      |                 | 1A2                              | Tanque de combustible sucio                                    | Filtro de combustible con obstrucción por impurezas        | Pluma de inspección inspeccionar en cantidad de sedimentos en el filtro cuando el tanque se está llenando | Manual   | Técnico de mantenimiento          |  |        |
|                                      | 1B              | 1B1                              | Falla de la bomba de combustible                               | Componentes internos desgastados                           | Revisión  | Correctivo / Realizar Cambio de bomba de combustible           | Anual                             | Contratista de rev. de la planta       |        |
|                                      |                 | 1C                               | 1C   | 1C1  | Caída de inyectores   | Junta técnica desgastada                                       | Pierda de compresión / cavitación | Correctivo / Cambio de juntas técnicas | Manual |
|                                      | 1C2             | Presencia de sólidos             |  | Componentes desgastados                                    | Correctivo / Cambio de filtro de combustible  | Anual  | Técnico de mantenimiento          |  |        |
|                                      | 1C3             | Daño en el inyector              | Pierda de compresión   | Correctivo / Cambio de inyectores                          | Diana   | Operario   |                                   |  |        |
| 1D                                   | 1D1             | 1D1                              | Suministro de aire por discontinuidad en líneas de combustible | Líneas de inyección desconectadas                          | Revisión  | Preventivo / Inspección en el sistema de líneas de combustible | Manual                            | Técnico de mantenimiento               |        |
| 1E                                   | 1E1             | 1E1                              | Comera de combustible no funciona                              | Acoples desgastados  | Revisión  | Preventivo / Inspección en el sistema de líneas de combustible | Manual                            | Técnico de mantenimiento               |        |
| 1F                                   | 1F1             | 1F1                              | Filtro de aire no funciona                                     | Bomba de combustible no funciona                           | Fallo en funcionamiento de inyección  | Correctivo / Configurar sistema de distribución                | Anual                             | Contratista de rev. de la planta       |        |
|                                      |                 | 1F2                              |  | Funcionamiento de motor                                    | Fallo en funcionamiento de motor  | Correctivo / cambio de filtro de aire                          | Manual                            | Técnico de mantenimiento               |        |

| EMCORINTO                             |                 | SISTEMA: FECHA                   |                                   | EMPRESA: EMCORINTO E.S.P   |                                    |  |          |                          |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|----------|--------------------------|
| EQUIPO PRINCIPAL: Generador eléctrico |                 | FECHA INICIO agosto 2020         |                                   | FECHA TERMINACIÓN diciembre 2020   |                                    |  |          |                          |
| CÓDIGO: GB51PLD2P1                    |                 | PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO |                                   |  |                                    |  |          |                          |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN                 | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLA                   | EFFECTO DE FALLAS                 | ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APLICANDO ÁRBOLES DE DECISIONES                   | ACCIONES DE MANTENIMIENTO EJECUTAR | FRECUENCIA DE APLICACIÓN                                   | PERSONAL |                          |
| 1                                     | 1A              | 1A1                              | Sobrecarga del equipo             | El equipo no genera suficiente energía para la capacidad que exige la planta | Por condición                      | Correctivo / Exitar el uso de equipos no necesarios        | Diana    | Operario                 |
|                                       |                 | 1A2                              | No hay disposición de calor       | No hay ventiladores no giran   | Preventivo                         | Revisión periódica de sistema de enfriamiento              | Semanal  | Operario                 |
|                                       |                 | 1A3                              | Baja densidad del aceite          | Contacto por fricción de piezas internas                                     | programado                         | Preventivo / Revisión y cambio de aceite, de ser necesario | Semanal  | Operario                 |
|                                       |                 | 1A4                              | Bajo nivel de aceite              | Contacto de piezas internas  | programado                         | Preventivo / Revisión y cambio de aceite, de ser necesario | Diana    | Operario                 |
|                                       |                 | 1A5                              | Bujías en mal estado              | No tiene la potencia suficiente  | No programado                      | Correctivo / Ajuste o cambio de bujías                     | Anual    | Técnico de mantenimiento |
|                                       |                 | 1A6                              | Filtros de combustible sucios     | No tiene la potencia suficiente  | programado                         | Correctivo / realizar cambio o lavado de filtros           | Manual   | Técnico de mantenimiento |
|                                       |                 | 1A7                              | Sensior temperatura en mal estado | Datos incorrectos de temperatura   | No programado                      | Correctivo / Realizar cambio de sensor de temperatura      | Anual    | Técnico de mantenimiento |
|                                       |                 | 1A8                              | Líneas de combustible sucias      | No tiene la potencia suficiente  | No programado                      | Correctivo / realizar cambio de líneas de combustible      | Anual    | Técnico de mantenimiento |

Fig. 4 Resultados para estudios AMEF

| EMCORINTO                        |                 | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EMCORINTO E.S.P |                                   |
|----------------------------------|-----------------|---|-----------------------------------|
| CÓDIGO: OB31CTNAP1               |                 | FECHA INICIO agosto 2020                      |                                   |
| CÓDIGO: OB31CTNAP1               |                 | FECHA TERMINACIÓN diciembre 2020              |                                   |
| PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO |                 |   |                                   |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN            | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLA                                | EFFECTO DE FALLAS                 |
| 1                                | 1A              | 1A1   | Sobrecarga del equipo             |
|                                  |                 | 1A2   | No hay disposición de calor       |
|                                  |                 | 1A3   | Baja densidad del aceite          |
|                                  |                 | 1A4   | Bajo nivel de aceite              |
|                                  |                 | 1A5   | Bujías en mal estado              |
|                                  |                 | 1A6   | Filtros de combustible sucios     |
|                                  |                 | 1A7   | Sensior temperatura en mal estado |
|                                  |                 | 1A8   | Líneas de combustible sucias      |

### 3.5. Cronograma de mantenimiento

Para llevar a cabo todo el proceso de investigación se implementa cronogramas que serán manejados por el personal encargado de mantenimiento.

### 4. Discusión

Teniendo en cuenta que la empresa desde sus inicios ha incorporado dentro de sus instalaciones, mantenimiento correctivo. Se ha denotado el interés por incurrir en el mantenimiento programado, con el ánimo de mejorar los servicios prestados a sus clientes. Los resultados obtenidos y los diseños de cada uno de los formatos y la estructura del mantenimiento programado están cuidadosamente diseñados para que esta incursión en el mantenimiento programado sea de beneficio para una mediana empresa. Además, la implementación de un árbol lógico de decisiones abre infinitas opciones de los causantes de una avería, no centrandolo el mantenimiento simplemente en reparar la falla, si no en explorar que puede estar causando esta falla, para evitar gastos indeseados.

### 5. Conclusiones

Se realizó un análisis del estado actual del mantenimiento dentro de las instalaciones de la empresa Emcorinto, realizando un reconocimiento tanto de las maquinas, como del personal que

labora y hace parte del equipo técnico y de mantenimiento. Con el ánimo de obtener información precisa y exacta sobre cada una de las máquinas existentes en la empresa, se diseñaron formatos de listas de chequeos diarios, informes de averías y una hoja de vida con información que fuese de relevancia a la hora de realizar mantenimiento a los equipos. Los formatos mencionados se socializaron con el personal técnico y operativo de la empresa realizando capacitaciones e incorporando el concepto de mantenimiento dentro de la empresa. Con la información recolectada por medio de los formatos implementados y con la ayuda de un análisis de criticidad se logró realizar una jerarquización de los equipos, enfocando los estudios e investigación a equipos que requerían especial atención dentro de la empresa. Se realizó un plan de mantenimiento para los equipos que arrojaron estado de criticidad elevados, no solo centrado en el elemento que incurrió en la falla, sino, abarcando todo el sistema involucrado previniendo así posibles fallas en un futuro.

### **Agradecimientos**

Agradezco a cada una de las personas que conforman la empresa EMCORINTO, en especial al señor José Camilo Polania, Gerente de dicha entidad, quienes brindaron su confianza para poder realizar mis estudios e investigación, igualmente mostraron su atención e interés con el fin de realizar cambios en la estructura de la empresa en cuanto a mantenimiento con el ánimo

de una mejora continua.

Al docente de ingeniería mecánica, Mg William Javier Mora Espinosa quien siempre estuvo presto en el momento que surgieron inquietudes en el proceso investigativo.

### **Referencias**

1. Ortega Márquez, M., & Márquez Fernández, O. (2017). Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 23(23).
2. Tello, L. (2008). *El acceso al agua potable como derecho humano*.
3. MINIVIVIENDA. (2018). *PLAN DIRECTOR AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO*.
4. IDEAM. (2018). *resorte avance del estudio nacional del agua. Cartilla*.
5. Dirección Técnica Ambiental, C. (2007). *Balance oferta – demanda de agua superficial cuenca Río Pance*.
6. Alcaldía municipal de Corinto. (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019 "Nuevas ideas para la Paz"* (Issue 008).
7. Castro, J., & Edwin, C. (2019). Casos aplicados del análisis de causa raíz.
8. Erik Rolando. (2016). *Estudio del impacto logístico-técnico que genera el mantenimiento predictivo en las PYMES de Milagro*.
9. Ruschel, E., Alves, E., Santos, P., Freitas, E. De, & Loures, R. (2017). *Industrial maintenance decision-making*.
10. Cabrera, R. (2018). *Árbol de fallo como herramienta para la mejora de procesos*
11. Garrido, Santiago Garcia. (2003). *Organización y gestión integral del mantenimiento*.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suministro de agua potable ha sido a través de los tiempos una necesidad de vital importancia para el asentamiento de poblaciones a lo largo del territorio habitable de nuestro planeta, ya que de este recurso hídrico depende tanto la subsistencia de la población como gran parte de la economía de la misma; El agua es indispensable para el desarrollo de múltiples actividades, es por esto que se clasifica como un derecho fundamental para el ser humano(Ortega Márquez & Márquez Fernández, 2017), es de esta manera que se hace prioritaria la garantía del consumo de agua para todo el mundo. De igual manera este recurso natural es un bien público vital para sostenibilidad de vida y la salud pública, por ello, se toma como un bien público y un derecho fundamental indispensable para la vida(Tello, 2008). Por lo tanto, se hace necesario, que el establecimiento y desarrollo de una población se de en un territorio con el abastecimiento de agua potable suficiente, ya sea que provenga de fuentes hídricas naturales (ríos, paramos o fuentes subterráneas), o como reutilización de aguas por medio de procesos más rigurosos de limpieza. Desde finales del siglo XX la población en Colombia ha aumentado en un 65%, y además se debe tener en cuenta que los centros poblados del país se encuentran cada vez más en crecimiento, lo que en un futuro promete ser un reto para las nuevas generaciones, pues además del consumo humano, la industria y el sector agrícola también requieren del agua en muchos de sus procesos y tareas diarias(MINIVNIVIENDA, 2018). En Colombia 391 municipios se encuentran susceptibles al desabastecimiento de agua, ya sea por disminución en la oferta natural, variabilidad climática o insuficiencia en la infraestructura(IDEAM, 2018), los demás municipios cuentan con recursos hídricos suficientes para el abastecimiento, tanto de la población, como la agricultura y el sostenimiento de las diferentes industrias existentes en la región, esto se debe a la ubicación privilegiada con la que cuenta el territorio nacional; ya que del 0.7% de los recursos hídricos a nivel mundial, nuestro país cuenta con el 5% de esta riqueza hídrica del planeta(IDEAM, 2018). Teniendo en cuenta que el municipio de Corinto, Cauca; se encuentra en una ubicación geográfica favorable de manera que recibe el suministro de agua durante todo el año, ya que es alimentado por el río La Paila, quien le suministra un promedio de 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua a gran parte de la región del norte del cauca(Dirección Técnica Ambiental, 2007). Este documento se centrará en obtener la mejor eficiencia y utilidad de los equipos encargados de diversas funciones como el suministro del cloro para la potabilización del agua, la alimentación de este fluido desde la bocatoma hasta la PETAP o equipos encargados en el suministro de energía, entre otras máquinas indispensables para

mantener un saneamiento básico dentro del territorio urbano del municipio. Esto por medio de la implementación y ejecución de un plan de mantenimiento y a su vez asegurando que la empresa prestadora de servicios de acueducto, aseo y alcantarillado EMCORINTO E.S.P, pueda lograr el objetivo de entregar un servicio óptimo a más de 13000 personas con las que cuenta la zona urbana del municipio de Corinto(Alcaldía municipal de Corinto, 2016). Un conocimiento bien estructurado sobre las actividades de mantenimiento dentro de las empresas, y su mejora continua, debería ser el objetivo de toda empresa para su crecimiento integral(Castro & Edwin, 2019).

Al catalogar el mantenimiento como un conjunto de normas técnicas estructuradas con el fin de mantener la maquinaria de una planta en funcionamiento óptimo durante su vida útil, para que su rendimiento alcance los más altos estándares. Podemos referir que en los últimos tiempos el mantenimiento es la herramienta más importante dentro de la industria pues además de mantener en el mejor estado los equipos está comprometido directamente con la producción y la efectividad en la entrega de los servicios ofrecidos disminuyendo los costos de producción(Erik Rolando, 2016).

La creciente competencia entre industrias ha aprovechado la aparición de diversas herramientas y métodos. para apoyo en la toma de decisiones de mantenimiento(Ruschel et al., 2017). Este documento presenta el desarrollo de un árbol lógico de decisiones, utilizando los datos arrojados por las investigaciones hechas en la maquinaria y equipo que presta servicio dentro de la empresa EMCORINTO E.S.P, con el fin de por medio de los resultados análisis y organización pueda arrojar resultados claros que generen soluciones al momento de la toma de decisiones cuando se incurra en fallas de los equipos.

El Análisis para los Árboles de Fallos (AAF), es una herramienta lógica que intenta deducir las causas que han producido un determinado suceso que se pueda determinar como un incidente(Cabrera, 2018). De esta manera si el equipo falló debido al mal uso por parte del operario, puede realizarse una mejora en la capacitación de este, o por el contrario se detecta un causante de fallo dentro del sistema como partículas externas se deberá centrar la atención en los filtros que actualmente está utilizando el sistema, con el único objetivo de mejorar el proceso, disminuir la detención del equipo y salvaguardar la integridad del ambiente y personas involucradas.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Para la empresa EMCORINTO E.S.P, una mejora en la maquinaria proyectada a la disminución en costos a mediano y largo plazo, también representa un buen servicio y la confianza para todos los entes organizacionales de la empresa, como para las más de 13000 residentes del área urbana del municipio de Corinto, Cauca. Pues actualmente los operarios y técnicos de la empresa recurren al mantenimiento de los equipos en el momento que se detectan ruidos extraños en una máquina, o cuando ocurren fallos eléctricos que conllevan a cortos circuitos dentro de los equipos. Un mal mantenimiento y baja confiabilidad significan: bajos ingresos, más costos de mano de obra y altos "stocks", además clientes insatisfechos y productos de mala calidad (Tavares, 1999).

Se desea implementar un árbol de decisión lógica como una representación diferente. Según Diego Ferreira en su artículo(Ferreira & Vasilyev, 2015), el objetivo es capturar el conocimiento que contiene como un conjunto de hechos lógicos. En el nivel más simple, estos hechos lógicos pueden ser utilizado para expresar que ciertos eventos ocurrieron en un determinado orden. La ventaja de utilizar una representación lógica para el registro de eventos es que los hechos simples se pueden utilizar para derivar otros hechos que pueden representar conceptos a un nivel superior.

Los motivos por los cuales se implementa este tipo de herramientas son: errores humanos, condiciones ambientales, vida útil de los componentes, etc. De esta manera un árbol de fallas indicara las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos que afectarán la operación(Cubillos, 2008).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

la empresa EMCORINTO E.S.P dentro de su organización técnica no cuenta con registros claros ni toma de datos en lo referente a mantenimiento y generalmente se debe implementar mantenimientos correctivos a diferentes equipos en momentos no planificados, se dice que actualmente la empresa cuenta con un aproximado de 30 equipos distribuidos así: planta de tratamiento (bombas, dosificadores y plantas eléctricas), celda de recolección de residuos sólidos (buldócer y camión compactador), planta de tratamiento de aguas residuales (bombas y equipos de limpieza) y en la cede principal se encuentra la maquinaria y equipos relacionados con el mantenimiento de vías(cortadora de pavimento, vibro compactador, martillo demoledor, etc.). A sabiendas de la importancia y beneficios de aplicar y administrar mantenimiento programado u otras estrategias más elaboradas, es un asunto que no se discute ni se pone en duda en el mundo actual, las grandes y medianas empresas del medio colombiano se han unido a esta tendencia para no quedarse del tren de la globalización capitalista(Montilla Montaña et al., 2008), con bases en lo anterior planteado se da la necesidad de implementar un plan de mantenimiento programado con el fin de incorporar a los miembros de la empresa y así mismo guiar a la corporación por una mejora en la prestación de sus servicios.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar el plan de mantenimiento programado con base en un árbol lógico de decisiones para la empresa EMCORINTO S.A.S en el departamento del Cauca.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un análisis del estado actual de la gestión de mantenimiento aplicado en la planta de tratamiento y determinar los grados de criticidad en los equipos.
- Diseñar e implementar los formatos requeridos como informes de averías, registro de maquinaria y ordenes de trabajo necesarios para crear el historial de los equipos, basado en diagnósticos y gestión del personal técnico y operarios.
- Diseñar un plan de mantenimiento programado basado en la información arrojada por un árbol lógico de decisiones, que permita extender la vida útil de los equipos y disminuir los costos por intervenciones correctivas.

## **5. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA**

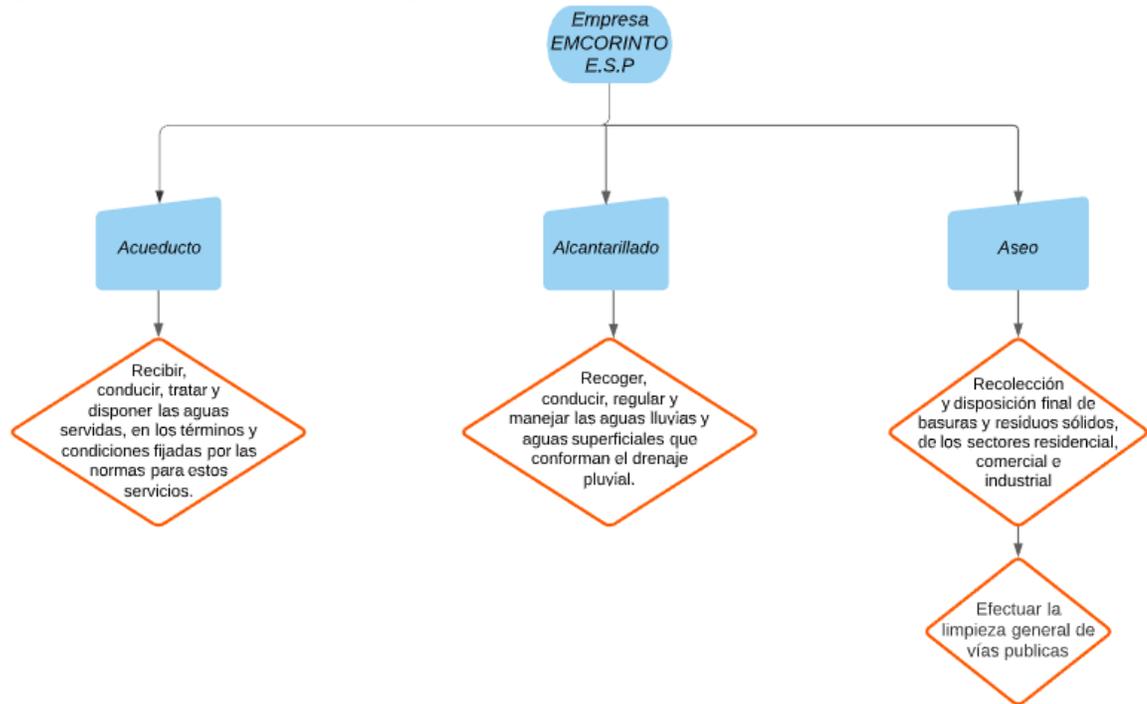
### **5.1 HISTORIA**

La empresa EMCORINTO E.S.P, es una entidad pública creada a mediados de abril de 1990, la cual se encuentra ubicada en el departamento del Cauca y tiene como objetivo el prestar los servicios de suministro de agua, recolección de residuos sólidos y mantenimiento de alcantarillado; a más de seis mil familias que residen en un área de 30 kilómetros cuadrados que comprende la zona urbana del municipio de Corinto. Dicha empresa desde sus inicios fue diseñada como una empresa industrial y comercial, prestando los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. Ya para el año 2010 se da la necesidad de ofrecer los servicios de recolección de residuos sólidos, dejando así la estructura de lo que se comprende hoy como la empresa prestadora de servicios de acueducto alcantarillado y aseo EMCORINTO E.S.P.(QUINTERO, 2019).

### **5.2 SERVICIOS OFRECIDOS**

Como se puede evidenciar en figura 1. La empresa cuenta con tres líneas de servicios indispensables para el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la comunidad corintea, cada uno de estos lineamientos cuenta con tareas las cuales requieren de maquinaria y equipos especiales para desarrollar las diferentes labores y así ofrecer un servicio de calidad para sus clientes. por ejemplo, en el sistema de acueducto es indispensable disponer de una red de bombeo con el fin mantener un suministro continuo de agua, así como generadores de energía, ya que este es un servicio suministrado por un proveedor externo, el cual tiene constantes fallos y por tal motivo es recomendable contar con los equipos necesarios para no incurrir en un mal servicio sin una razón justificada. Es por ello que dentro de la directiva de la empresa se ha dado el interés de implementar mejoras en el mantenimiento de sus equipos, con el fin de mantener registros propios de cada máquina y mantener los principios que durante 20 años han sido prioridad para la empresa la cual tiene una estructura sólida en desarrollo, con la responsabilidad social de administrar eficientemente los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. “En EMCORINTO ESP trabajamos para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de nuestra comunidad, al suministrar oportuna y continuamente servicios públicos domiciliarios de agua potable, manejo de aguas servidas y residuos sólidos, cumpliendo con la normatividad y regulación en servicios públicos y las leyes ambientales vigentes, con un recurso humano competente que trabaja en la búsqueda constante de la productividad y competitividad de la organización.”(QUINTERO, 2019)

Figura 1 Prestación de servicios de la empresa y sus diferentes tareas. Fuente (el autor)



### 5.3 UBICACIÓN

La empresa EMCORINTO E.S.P cuenta con 4 instalaciones físicas divididas según los procesos o servicios que se prestan a la comunidad. La planta de tratamiento de agua potable (PTL) ubicada al sureste del casco urbano, en la parte alta del municipio. En esta instalación, el personal operativo se encuentra encargado de captar el agua, tratarla por medio de procesos químicos y mantener cada uno de estos procesos en total limpieza y con un funcionamiento constante; estas instalaciones cuentan con un total de 10 equipos como podemos ver en la tabla 3, el personal a cargo de realizar esta labor consta de 4 empleados que se encuentran designados por turnos de 12 horas con turnos rotativos.

La planta de tratamiento de aguas residuales (PETAR), está ubicada a 2 kilómetros del casco urbano hacia el occidente del municipio. En este sector de la empresa se encuentra en funcionamiento una motobomba encargada de succionar el agua residual almacenada en los pozos sépticos sin permitir un desbordamiento de estos. En cuanto al edificio principal cabe resaltar que cuenta con el mayor número de máquinas, por ser el centro de actividad y donde se asignan tareas diarias para cada uno de los grupos ya mencionados, en el edificio principal incluyendo al equipo de fontanería, el equipo de aseo general, operario de camioneta, jefe de mantenimiento y almacenista se encuentra laborando diariamente un total de 13 empleados. En el momento en que una máquina o

equipo es requerido por alguno de los grupos de trabajo, es solicitado previamente en el almacén.

**Tabla 1 Distribución de plantas EMCORINTO. Fuente (el autor)**

| Planta                                | Ubicación                      | Área                             | Número de equipos |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Planta de tratamiento de agua potable | Vereda el mirador              | cuarto de maquinas               | 4                 |
|                                       |                                | deposito                         | 3                 |
|                                       |                                | cuarto de máquinas dosificadoras | 3                 |
| PETAR                                 | Hacienda el blancal            | cuarto de maquinas               | 1                 |
| Edificio principal                    | Centro (barrio el Frijol)      | CUARTO DE HERRAMIENTAS           | 12                |
| Celda transitoria                     | Vereda granadita (Vía miranda) | Espacio a cielo abierto          | 2                 |

Por último, se encuentra la celda transitoria ubicada a 5 kilómetros del casco urbano del municipio, en la vía nacional que comunica al departamento del Cauca con el departamento del Valle del Cauca, en este espacio abierto se encuentra un buldócer encargado de realizar la debida nivelación en el terreno a medida que se depositan los residuos sólidos sobre la celda transitoria, cabe resaltar que dentro de la celda transitoria se reciben los residuos sólidos de tres municipios más, por lo cual se incrementa las horas de trabajo del equipo encargado de esta labor. igualmente, este espacio cuenta con la visita diaria del camión compactador, encargado de recolectar, trasportar y depositar en la celda transitoria los residuos sólidos del casco urbano del municipio.

Cabe resaltar que por la ubicación estratégica del municipio dentro de la cordillera central y colindando en gran parte con el Nevado del Huila, el municipio de Corinto cuenta con importantes cuencas hidrográficas que le generan un suministro de agua tanto para el consumo humano, como para el sector agroindustrial. La empresa EMCORINTO E.S.P para prestar sus servicios de acueducto, hace uso de una de estas cuencas hídricas que alimenta el Alto Cauca, esta fuente hidrográfica denominada rio La Paila baña la cabecera municipal por uno de sus costados, lo cual da un parte de tranquilidad en cuanto al abastecimiento de agua se refiere. De esta manera el enfoque de la parte técnica de acueducto está en realizar revisiones sucesivas al sistema de tubería y la maquinaria que ejerce la función de disponer las aguas para el consumo de la comunidad.

En cuanto a la línea del alcantarillado, no se da un interés relevante dentro de este documento, pues el equipo encargado de realizar mantenimiento a las líneas de acueducto también tiene a cargo el cuidado de los ductos de recolección de aguas

lluvias y alcantarillado por lo que todo este sistema será registrado por el equipo de fontanería. De igual manera, dentro de la PETAR existe una motobomba que en general es utilizada cuando las precipitaciones se exceden en los alrededores del casco urbano, dando lugar al desbordamiento de los pozos sépticos.

Teniendo en cuenta que el sistema de recolección de residuos sólidos y limpieza en general de las vías públicas, es una línea relativamente nueva dentro de la empresa, pero de la cual depende directamente el saneamiento ambiental y el bienestar de la población, se da gran importancia, tanto a las personas que ejercen sus labores para el cumplimiento de estas tareas como al manejo de la maquinaria que estos empleados utilizan para dichas labores. En el caso del camión recolector y el bulldózer se hace especial énfasis por que al igual que ocurre con las bombas centrifugas en el acueducto, el momento que estos equipos no se encuentren con disponibilidad para ejercer sus labores, el municipio podría enfrentarse a enfermedades por causas medioambientales. Con lo cual se incurriría en una falta a las normas y principios establecidos dentro de las directivas de la empresa y de igual manera se perdería la credibilidad de los corinteos hacia esta entidad.

#### 5.4 ESTRUCTURA DE LA EMPRESA

Los ideales propuestos por la empresa y sobre los cuales se debe regir cada una de las actividades que dentro de ella se ejecuten, se presentan a continuación:

Tabla 2 estructura de la empresa. Fuente (el autor)

| EMPRESA EMCORINTO |  |
|-------------------|--|
| MISIÓN            | Creada para brindar y generar una mejor calidad de vida a la comunidad corintea, a través de la óptima, eficiente y eficaz prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, contribuyendo a la preservación y mantenimiento de los recursos naturales.                             |
| VISIÓN            | Ser la empresa líder en la prestación con responsabilidad, continuidad, calidad y cobertura de los servicios de acueducto, alcantarillado de aseo, posicionada y reconocida en el ámbito regional, con la solidez y viabilidad como empresa operadora de servicios, preservando el medio ambiente. |

## 5.5 LOGO EMCORINTO E.S.P

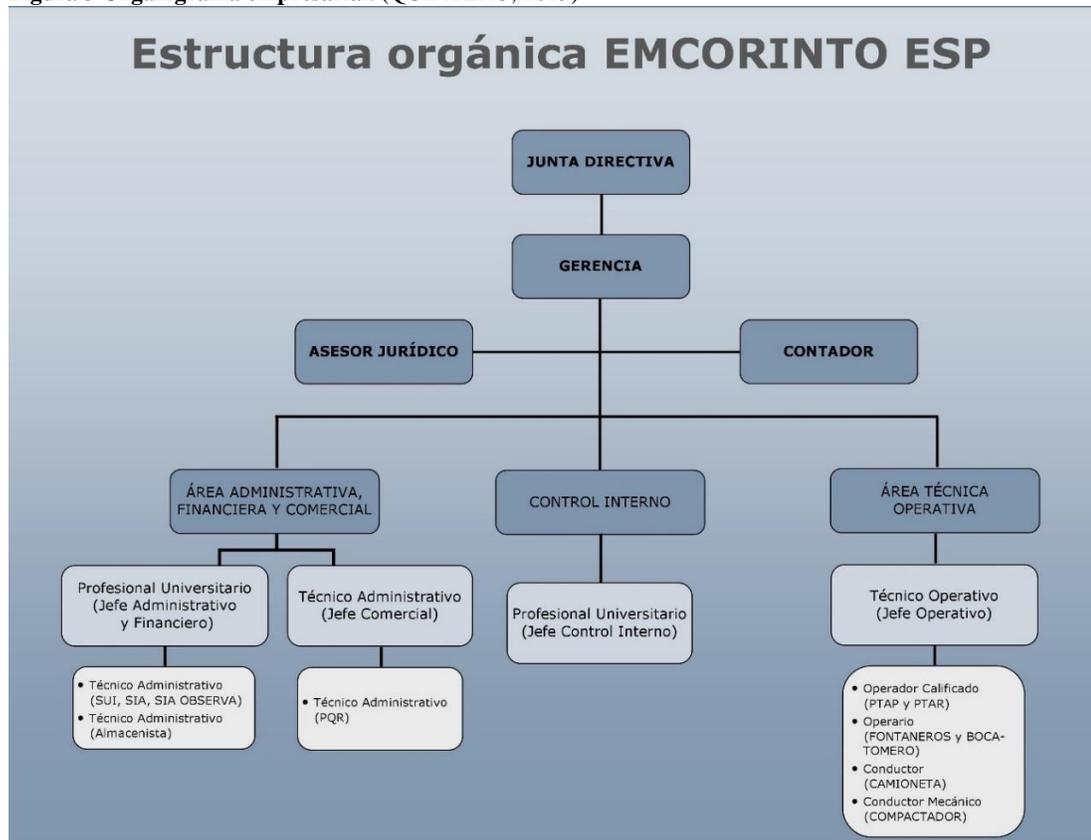
Figura 2 Logo corporativo EMCORINTO E.S.P. Fuente (EMCORIINTO)



## 5.6 ORGANIGRAMA EMCORINTO E.S.P

La empresa EMCORINTO E.S.P se rige por lineamientos, los cuales manejan una estructura organizacional encabezada por una junta directiva, de la cual hace parte la gerencia y de esta manera se des engloba en el área administrativa, el área técnica y el control interno como esta descrita en la Figura 3.

Figura 3 Organigrama empresarial. (QUINTERO, 2019)



## 5.7 ÁREA DE MANTENIMIENTO

Como se puede observar en la figura 3, la empresa se subdivide en 3 entes las cuales están categorizados como: parte administrativa y financiera, control interno y el área técnica, todos dirigidos por gerencia. La organización técnica operativa además de velar por el buen estado de las líneas de acueducto alcantarillado y el sistema de recolección de residuos sólidos y limpieza de cualquier tipo de obstrucción en las vías públicas, tiene el deber de mantener en constante operación cada uno de los equipos y maquinas con las cuales ejercen y ejecutan sus labores diarias.

El área técnica dentro de la empresa EMCORINTO, en el momento que uno de sus equipos presenta fallas, centra sus labores en un mantenimiento correctivo. En su libro, (Knezevic, 1996), muestra una representación gráfica de las tareas típicas dentro del mantenimiento correctivo, ilustrada en la figura 4, denotando así, las pérdidas de tiempo que puede tener una empresa que incurre en este tipo de tareas.

**Figura 4 Representación gráfica de una tarea típica de mantenimiento.**



A continuación, se dará una descripción sobre los recursos físicos y talento humano con el que cuenta la empresa, se dará una descripción y reconocimiento de cada una de las maquinas, su función a desempeñar, el lugar y una breve observación sobre el estado actual de cada una de las maquinas.

### 5.7.1 Recurso humano.

La empresa EMCORINTO E.S.P cuenta con personal capacitado en cada uno de sus organismos, en total la empresa cuenta con 50 empleados distribuidos en las áreas descritas en la figura 3. Sin embargo, en este documento se da a conocer una lista descrita en la tabla 3, en el cual se encuentra el personal técnico y operativo designado al área operativa de la empresa. Cada miembro de este grupo de trabajo está ligado al mantenimiento y por ende debe ser capacitado y encaminado debidamente por la ruta del cuidado y supervisión de la máquina o maquinas que se encuentren a su cargo.

**Tabla 3 Personal técnico y operativo de la empresa. Fuente (el autor)**

|    | CARGO                 | SECTOR O MAQUINA      |
|----|-----------------------|-----------------------|
| 1  | OPERARIO              | CAMIONETA             |
| 2  | OPERARIO              | PLANTA DE TRATAMIENTO |
| 3  | OPERARIO              | PLANTA DE TRATAMIENTO |
| 4  | OPERARIO              | PLANTA DE TRATAMIENTO |
| 5  | OPERARIO              | PLANTA DE TRATAMIENTO |
| 6  | OPERARIO              | PETAR                 |
| 7  | OPERARIO              | CAMIÓN RECOLECTOR     |
| 8  | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 9  | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 10 | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 11 | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 12 | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 13 | OPERARIO              | EQUIPOS DE FONTANERÍA |
| 14 | OPERARIO              | EQUIPO ASEO GENERAL   |
| 15 | OPERARIO              | EQUIPO ASEO GENERAL   |
| 16 | OPERARIO              | EQUIPO ASEO GENERAL   |
| 17 | OPERARIO              | EQUIPO ASEO GENERAL   |
| 19 | OPERARIO              | EQUIPO ASEO GENERAL   |
| 18 | OPERARIO              | BULDÓZER              |
| 20 | ALMACENISTA           | N/A                   |
| 21 | JEFE DE MANTENIMIENTO | N/A                   |

Como se puede observar en la tabla 3, existen grupos plenamente identificados, que por ciertos periodos de tiempo comparten herramientas como las guadañas o la sierra, más, sin embargo, en su mayoría los equipos están asignados para cada uno de los equipos de trabajo.

Las maquinas asignadas a la empresa prestadora de servicio de acueducto, aseo y alcantarillado EMCORINTO E.S.P se pueden dividir en diferentes ámbitos. como se observa en la tabla 4 y tabla 5 respectivamente, se da una categorización de estos equipos por el tipo de energía que requiere para su funcionamiento. Se muestra la totalidad de los equipos presentes en la empresa (excluyendo herramientas y equipos de cómputo), dependiendo si estos son alimentados con energía eléctrica o, por el contrario, están equipados con motores a combustión interna alternativa.

**Tabla 4 Equipos impulsados por motores a combustión interna. Fuente (el autor)**

| N° | EQUIPO                | MARCA       | MODELO     | TIPO COMBUSTIBLE |
|----|-----------------------|-------------|------------|------------------|
| 1  | GENERADOR ELÉCTRICO   | SILENT      | LF7800     | DIÉSEL           |
| 2  | GENERADOR ELÉCTRICO   | KIPORT      | KDE6500T   | GASOLINA         |
| 3  | MOTOBOMBA             | HONDA       | GX2        | GASOLINA         |
| 4  | MOTOBOMBA             | N/A         | N/A        | GASOLINA         |
| 5  | GUADAÑA               | HUSQVARNA   | 553RS      | GASOLINA         |
| 6  | GUADAÑA               | STIHL       | FS 160     | GASOLINA         |
| 7  | GUADAÑA               | STIHL       | FS 180     | GASOLINA         |
| 8  | SOPLADORA DE HOJAS    | HUSQVARNA   | 570BTS     | GASOLINA         |
| 9  | CORTA SETOS           | HUSQVARNA   | 226HD60S   | GASOLINA         |
| 10 | CORTADORA DE PISO     | CRIPPER     | C13E       | GASOLINA         |
| 11 | VIBRO COMPACTADOR     | DOOSAN      | SX170H     | GASOLINA         |
| 12 | APISONAN ADORA        | CIMAR       | CT-60P2A   | GASOLINA         |
| 13 | CAMIÓN<br>COMPACTADOR | CHEVROLET   | KODIAK 241 | DIÉSEL           |
| 14 | BULDÓZER              | CATERPILLAR | D4DD       | DIÉSEL           |
| 15 | MOTOBOMBA             | N/A         | N/A        | GASOLINA         |
| 16 | MOTOBOMBA             | N/A         | N/A        | GASOLINA         |
| 17 | FORD RANGER           | FORD        | RANGER     | GASOLINA         |
| 18 | MOTOBOMBA<br>BOCATOMA | IHM         | 1006TG1A13 | DIÉSEL           |

**Tabla 5 Equipos alimentados por corriente eléctrica. Fuente (el autor)**

| N° | EQUIPO                       | MARCA  | MODELO           | SERIE            |
|----|------------------------------|--------|------------------|------------------|
| 1  | BOMBA MULTI-ETAPA VERTICAL   | BARNES | VSE 4 12-50      | 45H469144001     |
| 2  | BOMBA AUTOCEBANTE            | BARNES | AE 1.5 20        | 1700171004       |
| 3  | BOMBA AUTOCEBANTE            | BARNES | AE 1.5 21        | 1700171004       |
| 4  | ROMPE PAVIMENTO              | DWALT  | TD25980T         | 0 07007          |
| 5  | TRITURADORA RESIDUOS SOLIDOS | SIEMES | 1LF30301BB316AA3 | Q2-J17T0036LF 78 |

## 5.8 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

### 5.8.1 Tamaño de la empresa.

En la tabla representada en la figura 5 se puede apreciar uno de los factores que revela el tamaño de la empresa. Determinar este componente es de vital importancia, pues da una visión de los gastos en que puede incurrir una empresa a la hora de realizar un mantenimiento según el tamaño de la misma, el número de

equipos que tenga a disposición para realizar cierta tarea y la disponibilidad o existencia de componentes de la máquina en almacén en el caso de que se requiera de algún repuesto.

Figura 5 Tamaño de la empresa según el número de empleados. (Valdivieso, 2010)

| TAMAÑO  | CANTIDAD DE TRABAJADORES |
|---------|--------------------------|
| GRANDE  | Más de 500 empleados     |
| MEDIANA | Entre 50 y 500 empleados |
| PEQUEÑA | Menos de 50 empleados    |

Según los criterios dados por la figura 3, la empresa EMCORINTO E.S.P se encuentra ubicada dentro del rango de medianas empresas, esto basados igualmente en el número de habitantes o clientes beneficiados con el servicio que presta la empresa, al igual que el rubro mensual recaudado por mes, que en su totalidad supera los 200'000,000 COP.

#### 5.8.2 Turnos de trabajo.

Es importante resaltar este punto, ya que dentro de la empresa existen áreas de trabajo con diferentes tipos de horarios laborales o en los cuales se encuentra en ejecución los equipos, por lo cual el estudio de cada una de las instalaciones de la empresa deberá arrojar resultados distintos y de igual manera dar una solución según los resultados obtenidos. En el libro Organización y gestión integral del mantenimiento (Garrido, 2003) da una clasificación de los turnos según los días laborados durante la semana. En el caso de la planta de tratamiento de agua potable, cuenta con turnos de trabajo de proceso continuo, realizando 2 turnos que trabajan en horario diurno y nocturno 24 horas diarias durante los 7 días de la semana.

En cuanto a las demás plantas (petar, celda transitoria y cede principal), estas manejan un solo turno de trabajo diurno de 8 horas de lunes a viernes, (Garrido, 2003) nos dice que “habrá que programar intervenciones fuera de hora, y no será necesario ningún servicio de pare de máquina al no haber producción fuera del turno de trabajo”. Lo que se desea con esta metodología de trabajo es minimizar al máximo las averías dentro de los turnos de trabajo.

## 5.9 REGISTROS

Durante la visita dentro de las instalaciones de la empresa se pudo evidenciar una toma de registro de las actividades o eventualidades que se presentan dentro de cada instalación de la empresa. Estos registros representados en la figura 4 aunque cumplen con el objetivo de llevar el informe diario de lo sucedido con los equipos y maquinaria, se torna difícil a la hora de recolectar información de un equipo en específico ya que el listado de novedades se realiza para todas las maquinas en general, además de novedades ocurridas con el personal operario y puntos específicos de las plantas en general, lo que generaría una pérdida de tiempo y una lectura no tan precisa al momento de realizar un estudio sobre un equipo en específico.

Figura 6 Bitácora empresa emcorinto. Fuente (el autor)



EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE CORINTO CAUCA  
EMCORINTO E.S.P  
NIT. 800.121.567 - 5

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
REGISTRO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS (PTAP) Y PLANTA**

| FECHA          |    |      | HORA | CLASE DE EQUIPO         | TRABAJO REALIZADO                                    | QUIEN REALIZA | OPERADOR DE TURNO |
|----------------|----|------|------|-------------------------|--|---------------|-------------------|
| D              | M  | A    |      |                         |  |               |                   |
| 13             | 01 | 2018 |      | pintura                 | Muros de flocculadores                               | Andrés Luna   | [Firma]           |
| 13             | 01 | 2018 |      | limpieza de polvo coque | limpieza de polvo y techos                           | Andrés Luna   | [Firma]           |
| 13             | 01 | 2018 |      | macho 10 y rasillo      | cosillas de los sensores S/N                         | Andrés Luna   | [Firma]           |
| 20             | 01 | 2018 |      | pintura                 | Mantenimiento de sensores Varales Supt. 6 S/N        | Andrés Luna   | [Firma]           |
| 21             | 01 | 2018 |      | pintura                 | Muros de flocculadores S/N                           | Andrés Luna   | [Firma]           |
| 24             | 01 | 2018 |      | cambio de clorador      | Muros de filtros S/N                                 | Andrés Luna   | [Firma]           |
|                |    |      |      |                         | cambio de dorados Nuevidades de agua en el Rotometro | [Firma]       | [Firma]           |
| 10             | 02 | 2018 |      | limpieza de sulfato     | limpieza de dosificador de sulfato S/N               | Andrés Luna   | [Firma]           |
| OBSERVACIONES: |    |      |      |                         |  |               |                   |
| 10 02 2018     |    |      |      |                         | Calentado calentamiento de motor bomba 5 minutos S/N |               |                   |
| 10 02 2018     |    |      |      |                         | 7 planta electrica 5 minutos S/N                     |               |                   |
|                |    |      |      |                         | Mantenimiento de ducha S/N                           | Andrés Luna   |                   |

CI 7 No 8-48      Tel. (092) 8270099      Corinto Cauca  
E-mail: emcorintoesp@gmail.com  
Vigilada por la S.S.P. Nuir 1 - 19212000 - 1

## 5.10 ESTADO DE LAS MÁQUINAS

A continuación, se dará una reseña de la evidencia fotográfica en la visita de reconocimiento de la empresa realizada por el autor, con el fin de examinar y determinar de manera superficial el estado actual de la maquinaria y equipos que existen dentro de las diferentes instalaciones de la empresa.

Cabe resaltar que la evidencia fotográfica no se realizará en todos los equipos existentes, solo se llevará a cabo una reseña de las maquinas más importantes según los resultados obtenidos en el análisis de criticidad.

#### 5.10.1 Maquinaria planta de tratamiento de agua potable.

##### 5.10.1.1 Bomba multi-etapa vertical VSE 4 12-50.

La electrobomba vertical (figura 5) está situada en el cuarto de máquinas de planta de agua potable y tiene como función realizar los lavados a presión dentro de los tanques de almacenamiento, este equipo fue adquirido por la empresa en el mes de agosto de año 2019, según informes del personal operario el equipo desde el momento de su adquisición no ha recibido ningún tipo de mantenimiento, ya que no ha presentado fallas que representen la necesidad de realizar dichos mantenimientos.

Figura 7 Electro bomba vertical. Fuente (el autor)



##### 5.10.1.2 Bomba autocebante con motor electrico

Existen dos bombas autocebantes (figura 8), igualmente ubicadas dentro del cuarto de máquinas de la planta de tratamiento de agua potable, cada uno de estos equipos tiene funciones distintas, la electrobomba principal 1 tiene como objetivo mantener el tanque elevado con el suministro de agua suficiente y conducirla a través del proceso purificación dentro de los dosificadores, desarenador y demás procesos necesarios para su consumo final, este equipo es accionado de manera automatizada por medio de lecturas en la medida del nivel

del agua dentro del tanque, el promedio de trabajo diario del equipo oscila en 20 a 22 horas diarias.

La electrobomba principal 2 tiene como función alimentar los barrios ubicados en la parte con más altitud sobre el nivel de mar dentro del casco urbano, por el contrario, este equipo tiene un tiempo promedio de trabajo registrado de 16 horas por día.

**Figura 8** Electrobomba autocebante. Fuente (el autor)



#### 5.10.1.3 Motobomba y generador electrico.

Los equipos representados en las figuras 9 y 10 cumplen sus labores únicamente cuando no hay suministro de energía en la planta de tratamiento (PTL). En el caso del generador eléctrico, está encargado de suministrar energía para los dosificadores y 3 lámparas incandescentes. Se ha hecho el informe de que este equipo no genera la potencia suficiente para abastecer e iluminar toda la planta cuando los cortes de energía son presentados en las horas de la noche.

En cuanto a la motobomba, se encuentra instalada dentro del cuarto de máquinas formando un circuito en paralelo con las electrobombas, con el fin sustituir la tarea que estas ejercen en el caso de que existan fallos en el sistema de energía eléctrica.

Dentro de las instalaciones se encuentran equipos suplentes de las dos máquinas para el caso de que éstas fallen, estos equipos suplentes en algún momento prestaron sus servicios como equipo principal, lo que da a entender que no son equipos confiables, por lo tanto, deberían ser supervisados periódicamente pues, no sería conveniente que con un fallo en la energía eléctrica no hubiese funcionalidad en los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.

**Figura 9 Generador eléctrico. Fuente (el autor)**



**Figura 10 Motobomba. Fuente (el autor)**



#### 5.10.1.4 Cuarto de máquinas dosificadoras.

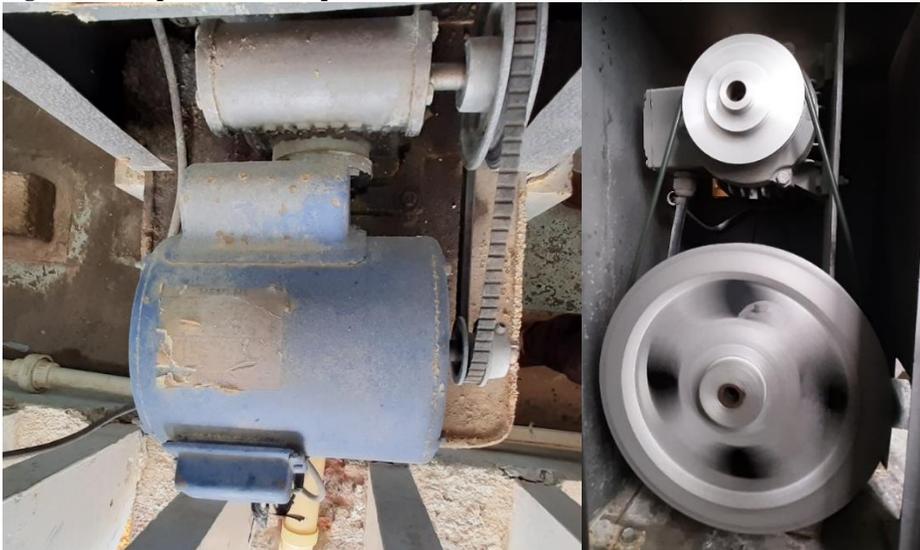
En el cuarto de máquinas dosificadoras existen 3 equipos diseñados para la misma función, de los cuales solo la máquina dosificadora principal ejecuta la labor de dosificación, los dos restantes se encuentran como suplentes en el momento de que el equipo principal falle. Este equipo es alimentado por un motor eléctrico de 2 Hp el cual trabaja a su vez con una caja reductora (figura 12) que evita una sobrealimentación de cloro en el agua por unidad de tiempo. El

dosificador principal (Figura 11) realiza un tiempo estimado de trabajo diario de 24 horas, por lo tanto, es de vital importancia que este equipo cuente con óptimas condiciones de trabajo.

**Figura 11** Maquina dosificadora principal. fuente (el autor)



**Figura 12** Componentes de máquina dosificadora. Fuente (el autor)



## 5.10.2 Celda transitoria.

### 5.10.2.1 Camión recolector.

El camión recolector tiene estipulada una sectorización diaria, en la cual se realiza la recolección correspondiente de residuos sólidos, en la tabla 6 se puede observar dicha división de la recolección según cada uno de los sectores.

**Tabla 6 Disposición de horarios de recolección de residuos sólidos. Fuente (el autor)**

| DÍA       | SECTOR                 |
|-----------|------------------------|
| LUNES     | BARRIO NUEVO HORIZONTE |
|           | PAMPALINDA             |
|           | FEIJO                  |
|           | CRA 9 Y CALLE 10       |
| MARTES    | VILLA DEL ROSARIO      |
|           | PEDRO LEÓN             |
|           | GUSTAVO MEJÍA          |
|           | GUSTAVO MEJÍA ETAPA 2  |
|           | EL MIRADOR             |
| MIÉRCOLES | BARRIO EL FRIJOL       |
|           | PLAYA                  |
|           | COLOMBIANA             |
|           | ESMERALDA              |
|           | JARDÍN                 |
|           | PEDREGAL               |
| JUEVES    | BARRIO 20 DE AGOSTO    |
|           | LA PAZ                 |
|           | EL CENTRO              |
|           | CARRERA 9 Y 12         |
| VIERNES   | SECTOR DE LA GALERÍA   |

El equipo encargado de la recolección de residuos sólidos, realiza su trabajo guiado por horarios diurnos de un solo turno durante 5 días a la semana, esto ligados al listado de sectores que se presentó en la tabla 6. Esta información da un punto de referencia para la estimación de las horas operación del equipo durante la semana.

**Figura 13 Camión recolector. Fuente (el autor)**



El camión compactador es de marca Chevrolet, de la línea KODIAK modelo 2009 (figura 13). Por inspección visual se puede denotar las malas condiciones en las que este se encuentra, sumado a esto, la semana de inspección y reconocimiento se evidenció detención de las labores de este equipo debido a un escape de aceite hidráulico por una de las líneas, perdiendo presión en uno de los brazos hidráulicos.

#### 5.10.2.2 Buldózer.

En cuanto a la celda transitoria, requiere la tarea de nivelar los residuos sólidos que llegan a diario del municipio de corinto además de otros 3 municipios a los cuales se les ha otorgado un permiso para este debido proceso. En dicha celda se encuentra el buldózer de marca CATERPILLAR, de la línea DD4 modelo 1974 (figura 14), este equipo fue adquirido por la entidad hace aproximadamente 5 años con un extenso historial de horas trabajadas y del cual se tendrá especial atención en su desempeño y en cuanto a mantenimiento. En promedio según cálculos del operario, esta máquina puede trabajar entre 6 y 8 horas diarias, lo cual depende del total de residuos sólidos producidos por los municipios que tienen el permiso para depositar sus residuos en el relleno sanitario.

**Figura 14 Buldózer. Fuente (el autor)**



### 5.10.3 Edificio principal.

Dentro del edificio principal existen equipos los cuales no han sido utilizados durante largos periodos de tiempo, así como maquinas las cuales tienen gran actividad en las labores diarias de la empresa. Dentro de este grupo de maquinaria hay equipos que facilitan las labores de personal de la empresa, además disminuyen el tiempo que puede demorar un operario realizando cierta tarea. Estas son: las guadañas, la cortadora de cemento, el rompe pavimento y la máquina sopladora de hojas entre otros equipos de mayor o menor relevancia.

Dentro de las instalaciones de la planta principal también se encuentra una bomba centrífuga representada en la figura 15, destinada a captar agua del rio la paila en el momento en el que presente fallas la bocatoma con la que se alimenta la planta de tratamiento (PTL). Esta máquina fue adquirida en el año 2018 a raíz de un desbordamiento que dejó sin el suministro de agua potable a la población del casco urbano del municipio de Corinto. Se encuentra alimentada por un motor diésel 5 cilindros de marca LOVOL el cual le suministra 133 Hp.

Este equipo en algún momento fue catalogado como innecesario dentro de la empresa ya que la bocatoma construida luego del desbordamiento del rio La paila no ha presentado problemas en su estructura, debido a esto se da una serie de discusiones y toma de decisiones que incluyen temas técnicos, operativos y ambientales en los cuales el autor centrara parte de su investigación, realizando un informe técnico de equipo fuera de servicio.

En el caso de este equipo, la investigación llevada a cabo, se entregará a la gerencia de la empresa y eventualmente será presentado y radicado en el consejo municipal de Corinto, acompañado de una resolución por parte de la gerencia de la empresa sobre la decisión tomada. Dicho informe estará debidamente consignado en el anexo A.

**Figura 15 Bomba centrífuga. Fuente (el autor)**



## 6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FORMATOS REQUERIDOS Y DETERMINACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

Luego de la visita a las instalaciones mencionadas en el capítulo anterior y el reconocimiento de los equipos y el personal involucrado en el área técnica, se da la necesidad de implementar estrategias para la inclusión de la empresa en general dentro del plan programado de mantenimiento. En este capítulo se dará una descripción paso a paso de las herramientas y metodología implementada para el desarrollo de las tareas pre análisis. Iniciando con un proceso de codificación de cada uno de los equipos, así como las instalaciones y el personal ligado al área de mantenimiento, para el debido reconocimiento dentro de la empresa. Seguidamente se iniciará el proceso de diseño, socialización e implementación de los formatos indispensables para la recolección de información pertinente para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

### 6.1 CODIFICACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS

Con el fin de desarrollar una codificación ordenada y con los lineamientos estipulados se tendrá en cuenta la numeración que se encuentra en la tabla 7, diseñada con el fin de organizar los equipos e instalaciones según sus debidos procesos. Teniendo en cuenta la numeración dentro del tipo de equipo o instalación se elegirá un rango de valores con el cual se llevará a cabo la codificación.

Tabla 7 Sistema de codificación de equipos e instalaciones. Fuente (el autor)

| <b>TIPO DE EQUIPO</b>                       | <b>CODIGO</b> |
|---|---------------|
| Equipos comunes e interconexiones           | 001 a 099     |
| Terrenos y edificios                        | 100 a 199     |
| Manutención de carbón                       | 200 a 299     |
| Manutención de combustibles líquidos        | 300 a 349     |
| Manutención de cenizas y hollín             | 359 a 399     |
| Bloques de producción                       | 400 a 649     |
| Equipos eléctricos                          | 650 a 699     |
| Aire comprimido                             | 700 a 749     |
| Agua  | 750 a 799     |
| Servicios generales y máquinas de elevación | 800 a 899     |
| varios                                      | 900 a 999     |

### 6.1.1 Codificación de instalaciones.

Para el inicio de una correcta codificación de las maquinas correspondientes a cada área de trabajo y según las operaciones o procesos que desempeña, es necesario, primeramente, una debida codificación de las instalaciones en las cuales se encuentran dichos equipos. En la tabla 8 y 9 se da una explicación sobre el significado de algunos de los conjuntos de caracteres usados en la codificación de instalaciones.

**Tabla 8 Codificación de instalaciones EMCORINTO E.S.P. Fuente (el autor)**

| INSTALACIÓN | UBICACIÓN | N° DE MÁQUINAS | VALOR AGREGADO |
|-------------|-----------|----------------|----------------|
| CH105       | EP        | 12             | 1              |

Donde:

**Tabla 9 Descripción de caracteres en la codificación. Fuente (el autor)**

|        |  |
|--------|--|
| 1      | PRIMERA INSTALACIÓN DEL EDIFICIO                     |
| EP     | EDIFICIO PRINCIPAL                                   |
| CH 105 | INSTALACIÓN ASIGNADA AL CUARTO DE HERRAMIENTAS       |
| 12     | NÚMERO DE MÁQUINAS EXISTENTES DENTRO DE LA INSTACIÓN |

De esta manera, según los parámetros ya mencionados, en la tabla 10 queda estipulada la codificación de las instalaciones.

**Tabla 10 Codificación de instalaciones. Fuente (el autor)**

| Instalación                      | Código      |
|----------------------------------|-------------|
| Cuarto de máquinas 1             | CM101PTL4-1 |
| Deposito                         | DP102PTL3-2 |
| Cuarto de máquinas dosificadoras | MD103PTL3-3 |
| Cuarto de máquinas 2             | CM104PTR1-1 |
| Cuarto de herramientas           | CH105EP12-1 |
| Celda transitoria                | CT106NA2-1  |

### 6.1.2 Codificación de recurso humano.

En cuanto al personal asociado a la empresa, el cual está directamente relacionado con el área técnica de la empresa, se desea tener un listado correspondiente con una adecuada codificación de acuerdo al tipo de equipo que opera o en la cuadrilla de trabajo en la cual se encuentra asociado dicho empleado.

En la tabla 11 y 12 se denota el conjunto de caracteres que conforman el código de cada operario y el significado que cada uno de estos representa, respectivamente.

**Tabla 11 Codificación de recursos humanos. Fuente (el autor)**

| CODIFICACIÓN |                              |         |
|--------------|------------------------------|---------|
| OCUPACIÓN    | MAQUINARIA O ÁREA DE TRABAJO | FUNCIÓN |
| OP           | CAM                          | 1       |
| OP           | PTL                          | 1       |
| OP           | PTL                          | 2       |
| OP           | PTL                          | 3       |
| OP           | PTL                          | 4       |
| OP           | PTR                          | 1       |
| OP           | BZ                           | 1       |
| OP           | CR                           | 1       |
| OP           | CPF                          | 2       |
| OP           | CPF                          | 3       |
| OP           | CPF                          | 4       |
| OP           | CPF                          | 5       |
| OP           | CPF                          | 6       |
| OP           | CPF                          | 7       |
| OP           | CPG                          | 1       |
| OP           | CPG                          | 2       |
| OP           | CPG                          | 3       |
| OP           | CPG                          | 4       |
| OP           | CPG                          | 5       |
| ALM          | CH                           | 1       |
| JM           | CP                           | 1       |

**Tabla 12 Descripción de caracteres del personal técnico. Fuente (el autor)**

|     |  |
|-----|--|
| OP  | OPERARIO                               |
| ALM | ALMACENISTA                            |
| JM  | JEFE DE MANTENIMIENTO                  |
| CP  | CEDE PRINCIPAL                         |
| CH  | CUARTO HERRAMIENTA                     |
| CPG | CEDE PRINCIPAL ASEO GENERAL            |
| CPF | CEDE PRINCIPAL FONTANEROS              |
| PTR | PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES |
| PTL | PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS LIMPIAS    |
| CAM | CAMIONETA                              |
| CR  | CAMIÓN RECOLECTOR                      |
| BZ  | BULDÓZER                               |

### 6.1.3 Codificación de maquinaria y equipos.

Según los criterios implementados en la tabla 7, se establece la codificación de los equipos donde se estipula características como el tipo de equipo, la planta en cual se encuentra ubicado, la instalación donde está conectado, entre otros criterios los cuales darán facilidad al personal para encontrar y reconocer ciertos equipos. Además, existen maquinas con características similares entre sí, las cuales ejercen la terea de suplencia de las maquinas principales, por lo cual se da una primordial importancia a la nomenclatura por medio de códigos de los equipos, con el fin de identificar cada equipo debidamente y diferenciarlo de los demás.

Un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño(Garrido, 2003).

En la tabla 13 se estructura la codificación correspondiente a una de las maquinas dosificadoras la cual, se encuentra en el rango de los equipos que trabajan con agua en la tabla 7 (DS756). Además, la ubicación de dicho equipo es en la planta de tratamiento de aguas limpias (PTL), en el interior del cuarto de máquinas dosificadoras (MD), este equipo está catalogado como el equipo principal (P), ya que por ser un equipo adquirido recientemente ejerce la tarea de dosificación durante la mayor parte del tiempo, mientras no se encuentre en mantenimiento y, por último, es la primera de las 3 máquinas dosificadoras que se encuentran en utilidad dentro de las instalaciones de la empresa (1).

**Tabla 13 Codificación de un equipo dosificador. Fuente (el autor)**

| TIPO DE EQUIPO | UBICACIÓN | INSTALACIÓN | FUNCIÓN | VALOR AGREGADO |
|----------------|-----------|-------------|---------|----------------|
| DS756          | PTL       | MD          | P       | 1              |

De esta manera la estructura de la codificación queda dispuesta como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14 Grupo de caracteres asociados a la máquina dosificadora. Fuente (el autor)**

|       |  |
|-------|--|
| 1,2.. | SEGÚN EL NÚMERO DE MÁQUINAS EXISTENTES |
| PTL   | PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LIMPIAS |
| DS756 | DOSIFICADORES                          |
| MD    | CUARTO DE MÁQUINAS DOSIFICADORAS       |
| P     | MAQUINA DOSIFICADORA PRINCIPAL         |

Teniendo en cuenta la tabla 13 y 14 como ejemplos, se implementa la codificación para cada uno de los equipos, como se puede denotar en la tabla 15, los códigos

asignados para cada equipo. Que de igual manera dentro de sí tienen conjuntos de caracteres alusivos a nombres de maquinaria o lugares donde se encuentra ubicado el equipo indicado. se hace énfasis en los demás caracteres no identificados, como PTR (planta de tratamiento de aguas residuales), CT (celda transitoria), con el fin de establecer identidades únicas en cada una de las máquinas.

**Tabla 15 Codificación de equipos. Fuente (el autor)**

| EQUIPO                       | CÓDIGO       |
|------------------------------|--------------|
| GENERADOR ELÉCTRICO          | GE651PTLD2P1 |
| GENERADOR ELÉCTRICO          | GE652PTLD2A2 |
| MOTOBOMBA                    | MB754PTLCMP1 |
| MOTOBOMBA                    | MB755PTLD2A2 |
| GUADAÑA                      | GD801EPCHP1  |
| GUADAÑA                      | GD802EPCHA2  |
| GUADAÑA                      | GD803EPCHA3  |
| SOPLADORA DE HOJAS           | SH805EPCHP1  |
| CORTA SETOS                  | CS806EPCHP1  |
| CORTADORA DE PISO            | CP807EPCHP1  |
| VIBRO COMPACTADOR            | VC809EPCHP1  |
| APISONADORA                  | AP804EPCHP1  |
| CAMIÓN COMPACTADOR           | CR811CTNAP1  |
| BULDÓZER                     | BZ810CTNAP1  |
| MOTOBOMBA                    | MB759PTRCMP1 |
| FORD RANGER                  | CM812EPNAP1  |
| MOTOBOMBA BOCATOMA           | BB762EOCBP1  |
| BOMBA MULTI-ETAPA VERTICAL   | BV751PTLCMP1 |
| BOMBA AUTOCEBANTE            | EB752PTLCMP1 |
| BOMBA AUTOCEBANTE            | EB753PTLCMP2 |
| ROMPE PAVIMENTO              | RP808EPCHP1  |
| TRITURADORA RESIDUOS SOLIDOS | TR813EPCHP1  |
| DOSIFICADOR PRINCIPAL        | DS756PTLMDP1 |
| DOSIFICADOR ALTERNO          | DS757PTLMDA1 |
| DOSIFICADOR ALTERNO          | DS758PTLMDA2 |

#### 6.1.4 Implementación de códigos

Para llevar a cabo la puesta en marcha de los formatos se hace necesario primeramente la finalización de la tarea de codificación, con el fin de no incurrir en confusiones por parte del personal operario. De esta manera queda evidenciado en las figuras 16 y 17 un ejemplo de la implementación de códigos en las maquinas dosificadora y vibro compactador.

Este proceso se realizó, teniendo en cuenta que los códigos quedaran plasmados en lugares visibles para el operario y de igual manera se necesitaba de un punto estratégico donde no se tuviera un contacto directo con las labores que realiza el operario con la máquina, para evitar un prematuro desgaste o pérdida de la etiqueta.

**Figura 16 implementación de códigos en dosificador. Fuente (el autor)**



**Figura 17 implantación de formatos máquina compactadora. Fuente (el autor)**



## **6.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FORMATOS DE CHEQUEO**

En la sección 4.5 se describió el procedimiento que se ha llevado a cabo para notificar las eventualidades dentro de las instalaciones de la empresa y los inconvenientes al momento de realizar un estudio de los registros de una máquina, es por esta razón que se decide diseñar e implementar un formato único para cada equipo, donde el operario además de realizar una inspección visual, pueda consignarla y así dejar todo debidamente documentado junto con las horas respectivas en las que se realizó el proceso.

Es de vital importancia entender qué es una lista de chequeo y cuál es su aplicabilidad, existen muchos formatos de listas de chequeo para diversas actividades o equipos, pero cada lista de chequeo debe ser particular, aunque el especialista se pueda basar en el modelo. Se entiende por lista de chequeo (check-list) a un listado de preguntas, en forma de cuestionario, que sirve para verificar el grado de cumplimiento de determinadas reglas establecidas con un fin determinado (Cabrerá, 2018)



resaltar que si las maquinas trabajan impulsadas por motores eléctricos, los ítems tendrán algunas similitudes, de igual manera sucede con los equipos impulsados por motores a combustión interna alternativa o los equipos del parque automotor.

### 6.3 INFORME DE AVERÍA

En cuanto a las fallas que puedan presentar los equipos durante y después del diseño del plan de mantenimiento, se desea implementar un formato en el cual se pueda especificar las características del mismo, así como, el lugar donde ocurrió la avería, la descripción específica de la avería, las posibles causas que ha llevado a este suceso y si este equipo estaba en uso al momento de presentar la falla.

En la tabla 16 se muestra el formato correspondiente para el debido proceso de asignación y registro. Este registro deberá realizarse en el momento en el que el operario o técnico hagan entrega del debido reporte para luego ser consignado dentro la carpeta del equipo correspondiente con el fin de realizar un historial de fallas, sucesos y horas de trabajo.

Tabla 16 Formato de informe de avería. Fuente (el autor)

| INFORME DE AVERÍA  |  |         |
|--|--|---------|
|  | INFORME N. INA. 001  |         |
|  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  |         |
|  | CORINTO-CAUCA  |         |
|  |  |         |
| EQUIPO:  | MARCA:   | FECHA:  |
| OPERARIO:  | MODELO:  | CÓDIGO: |
| Km ó HORAS DE TRABAJO:   |  |         |
| LUGAR DE LA AVERÍA:  |  |         |
| HORA DE LA AVERÍA:   |  |         |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA                                       | <input type="checkbox"/> PARADO<br><input type="checkbox"/> EN OPERACIÓN |         |
| DESCRIPCIÓN AVERÍA:  |  |         |
| CAUSA AVERÍA:  |  |         |
| REPORTE N.   | REPORTADO POR:   |         |
| RECIBIDO EN FECHA:   |  |         |

### 6.4 ESTUDIO DE CRITICIDAD

En una planta industrial todos los equipos no tienen la misma prioridad. Se da por sentado que dentro de la planta existen equipos de mayor importancia. Es por esto que todos los recursos de una empresa destinados a mantenimiento no se pueden dividir con igual proporcionalidad, se debe concentrar la mayor parte de los

recursos tanto humanos como monetarios a los equipos con una prioridad elevada(Garrido, 2003).

En la página 5 del artículo(Parra & Crespo, 2012) el autor presenta un listado de factores ponderados de los puntos de vista que se deben tener en cuenta cuando se desea evaluar la criticidad de riesgo en un equipo. De acuerdo a este listado y con algunas modificaciones ajustando los criterios y las necesidades que requiere la empresa, así como el tiempo de evaluación asignado a los equipos. Se realiza el estudio de criticidad para cada máquina registrada en las tablas 4 y 5, teniendo en cuenta los ítems de los factores ponderados mostrados en la tabla 17.

**Tabla 17 Factores ponderados de criticidad.**

| ítem  | valores |
|---|---------|
| <b>Frecuencia de fallas</b>   |         |
| Pobre mayor a 5 fallas por semestre   | 4       |
| Promedio 3-5 fallas por semestre  | 3       |
| Buena 1-2 fallas al semestre  | 2       |
| Excelente menos de 1 falla al semestre  | 1       |
| <b>Impacto operacional</b>  |         |
| Parada de todo el proceso de la planta  | 10      |
| La parada del sistema tiene repercusión en otro sistema                             | 7       |
| Impacta a niveles de impacto o calidad  | 4       |
| No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción                | 1       |
| <b>Flexibilidad operacional</b>   |         |
| No existe opción de producción y no existe opción de repuesto                       | 4       |
| Existe opción de maquina suplente   | 2       |
| Función de repuesto disponible  | 1       |
| <b>Costos de mantenimiento</b>  |         |
| Mayor o igual a 1000000   | 2       |
| Inferior a 1000000  | 1       |
| <b>Impacto en seguridad, ambiente e higiene</b>                                     |         |
| Afecta la seguridad humana tanto de entes externos como internos de la organización | 8       |
| Afecta el ambiente o instalaciones  | 7       |
| Afecta las instalaciones causando daños severos                                     | 5       |
| Provoca daños menores (ambiente-seguridad)  | 3       |
| No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente                 | 1       |

Teniendo en cuenta cada uno de los factores de ponderación descritos en la tabla 17 y con la ayuda de la ecuación 1 , expresiones descritas igualmente por(Parra & Crespo, 2012), se presenta la jerarquización para de los sistemas, a partir del modelo tomado.

**Ecuación 1 Criticidad de un equipo**

$$CRT = Co * Ff$$

Donde:

CRT: Criticidad total

Co: Consecuencias

Ff: Frecuencia de fallas

La Frecuencia de fallas, será un valor asignado según la recolección de los datos adquiridos en la caracterización de los equipos y maquinaria en general y posteriormente realizando la respectiva comparación con los datos del ítem 1 en la tabla 17. En cuanto las consecuencias, serán tomados en cuenta los valores de los ítems 2, 3, 4 y 5 teniendo en cuenta el criterio del autor según lo evaluado durante la permanencia dentro de la empresa, además de los informes recibidos por el personal técnico y operativo con el cual se tiene permanente comunicación. Estos ítems serán evaluados por medio de la ecuación 2.

**Ecuación 2 Consecuencias.**

$$Co = (Io * Fo) + Cm + SAH$$

Donde:

Io: Impacto operacional.

Fo: Flexibilidad ocupacional.

Cm: Costo en mantenimientos.

SAH: Impacto de ambiente, higiene y seguridad.

#### 6.4.1 Matriz estructural de análisis de criticidad

Según lo descrito en la ecuación 1, con el resultado obtenido en la ecuación 2 y el valor ponderado, asignado a la frecuencia de fallas, es posible jerarquizar los equipos dentro de una empresa, como equipos de alta criticidad o equipos de baja criticidad. Este modelo se representa de una forma más dinámica por medio de la matriz de riesgos de la tabla 18. El cual está compuesto por los valores asignados a la frecuencia de fallas en la parte izquierda de manera vertical y los valores relacionados a la ponderación en la parte inferior de la tabla, calculados de acuerdo a la ecuación 2.

Los valores asignados dentro de los recuadros de la matriz, tienen como objetivo mostrar el resultado obtenido según la ecuación 1. De esta manera los rangos para designar si el valor arrojado es moderadamente, medianamente o altamente crítico se dan de la siguiente manera:

- $5 < CRT < 30$  El equipo es moderadamente crítico.

- $31 < CRT < 95$  El equipo es medianamente crítico.

- $CRT > 100$  El equipo es altamente crítico.

Tabla 18 Matriz de criticidad. Fuente (el autor)

|                      |     | ANÁLISIS DE CRITICIDAD |    |     |     |     |
|----------------------|-----|------------------------|----|-----|-----|-----|
| FRECUENCIA DE FALLAS | 4   | 40                     | 80 | 120 | 160 | 200 |
|                      | 3,5 | 35                     | 70 | 105 | 140 | 175 |
|                      | 3   | 30                     | 60 | 90  | 120 | 150 |
|                      | 2,5 | 25                     | 50 | 75  | 100 | 125 |
|                      | 2   | 20                     | 40 | 60  | 80  | 100 |
|                      | 1,5 | 15                     | 30 | 45  | 60  | 75  |
|                      | 1   | 10                     | 20 | 30  | 40  | 50  |
|                      | 0,5 | 5                      | 10 | 15  | 20  | 25  |
|                      |     | 10                     | 20 | 30  | 40  | 50  |
|                      |     | CONCECUENCIAS          |    |     |     |     |

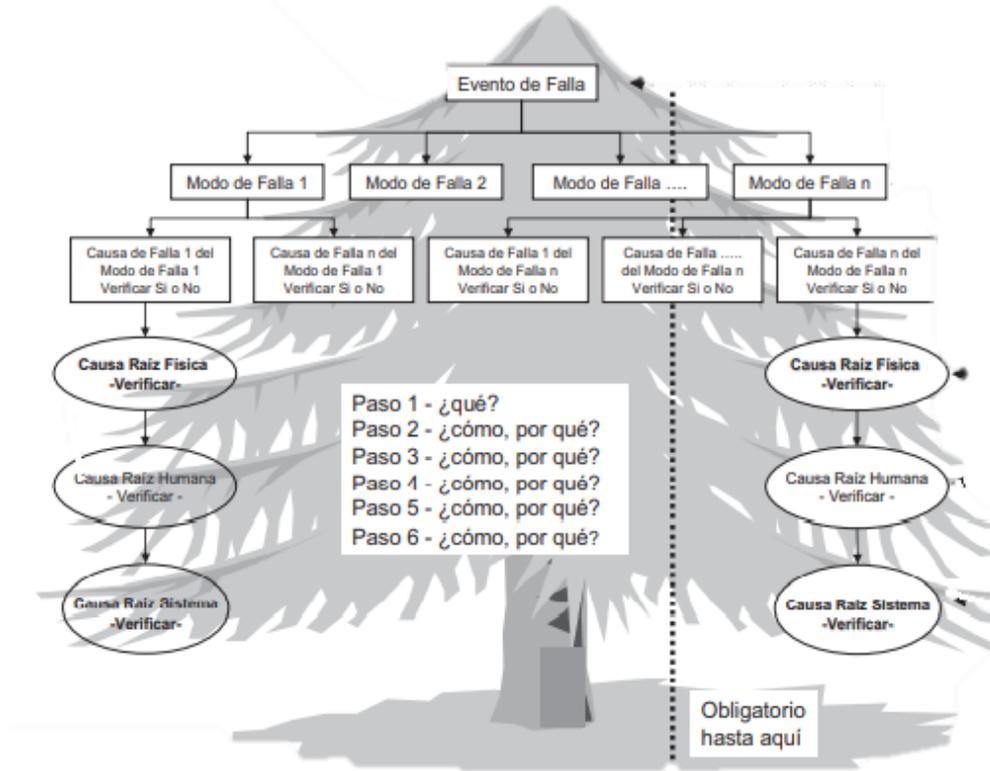
Tanto los criterios como los valores en la matriz de riesgo podrán ser modificados por la empresa o los encargados del mantenimiento, dependiendo de las circunstancias operacionales en las que se encuentre, de manera que podemos obtener diversas variaciones de la función de riesgo y por tanto de la matriz de criticidad (Parra & Crespo, 2012).

Además del estudio de criticidad para cada equipo, se tendrá en cuenta criterios como el tiempo promedio diario que una máquina puede ejercer el cual puede ser calculado por medio del formato consignado en la figura 18.

## 6.5 ÁRBOL DE DECISIÓN O ÁRBOL DE FALLA

El Análisis para los Árboles de Fallos (AAF), es una herramienta lógica que intenta deducir las causas que han producido un determinado suceso que se pueda determinar como un incidente. Después de realizar la selección de un suceso ya sea, un accidente o incidente de toda la planta o un equipo en específico, se requiere del implemento de esta herramienta que tiene como finalidad la deducción del origen de un causante de dicho proceso (Cabrera, 2018).

Figura 19 estructura de árbol de decisiones.(Gutiérrez, 2009)



En el libro Manual del Ingeniero de Mantenimiento, (Rodrigo Pascual J., 2002), refiere que el análisis de árbol de fallas es una herramienta muy utilizada en el área de mantenimiento. Esta herramienta tiene como utilidad la deducción de diversos grupos de fallas que pueden afectar a un componente y que en largos periodos puede desencadenar en un evento no deseado, de igual manera el autor menciona una serie de pasos con los cuales se podrá construir un árbol de decisiones y las cuales se dan en la sección 5.5.1.

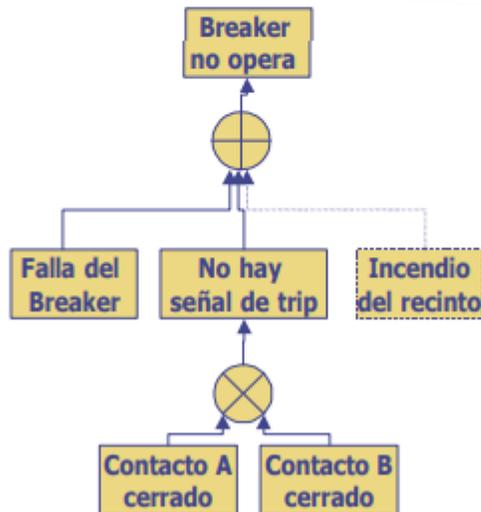
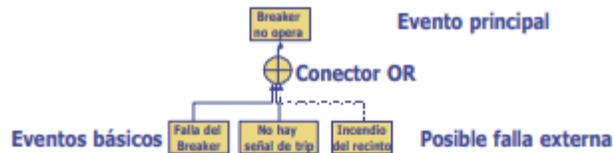
#### 6.5.1 Elaboración del árbol de decisiones.

Primero se selecciona el evento a estudiar, los eventos que siguen a este primer evento principal son considerados como efectos del mismo.

Como segunda medida se seleccionan los eventos que pueden ocasionar el evento principal:

1. La señal necesaria para operar no fue recibida por el dispositivo.
2. Falla del dispositivo.
3. Un error humano.
4. Existen fallas o incidentes externos que impiden el funcionamiento.

Figura 20 Ejemplo de árbol de decisiones. (Rodrigo Pascual J., 2002)



Después de determinar la lista de eventos principales, se toma la decisión de seguir expandiendo el árbol o no. esta decisión puede ser afectada por:

- No tener el conocimiento pleno sobre los primeros nodos del árbol
- No querer extender el árbol.

Si se toma la decisión de detener una rama del árbol. El evento se denota gráficamente por un círculo. Indicando que el evento es independiente de otros eventos.

En la figura 23 se muestra la simbología correspondiente para la construcción de un árbol de fallas en la cual, si se trata de una falla de un sistema se usa los símbolos AND, OR e INHIBIT o ningún corrector. De lo contrario de se trata de una falla en un componente se utiliza siempre el corrector OR.

**Figura 21 Simbología para la creación de un árbol de decisiones.** (Rodrigo Pascual J., 2002)

| Símbolo   | Nombre        | Descripción  |
|---|---------------|--|
|  | Rectángulo    | Evento de falla, usualmente es resultado de otros eventos              |
|  | Círculo       | Evento de falla primario, independiente                                |
|  | Diamante      | Evento de falla cuyas causas no han sido desarrolladas                 |
|  | Casa          | Evento básico, no es un evento de falla                                |
|  | OR            | El evento de salida ocurre si uno o mas de los eventos entrada ocurre  |
|  | AND           | El evento salida ocurre si y solo si todos los eventos entrada ocurren |
|  | INHIBIT       | El evento salida ocurre cuando X ocurre y la condición A se presenta   |
|  | Triángulo-IN  | Representa una rama del árbol desarrollado en otro lado                |
|  | Triángulo-OUT | El árbol A es una rama de un árbol desarrollado en otro lado           |

El desarrollo de este proceso para el análisis de la falla tiene como fin realizar un complemento en la creación de un análisis de modos y efectos de fallas AMEF, descrito en la sección 5.6.

## 6.6 ANÁLISIS MODOS Y EFECTO DE FALLAS

El análisis de los modos de fallo en el mantenimiento debe evitar errores en los estados o desarrollo de tareas preventivas o correctivas, y en este caso están ligados a los resultados o decisiones tomadas en los arboles de decisiones. Este método es un medio esencial que está centralizado en la búsqueda de la mejora en cuanto a calidad, no con la intención de encontrar un culpable de la falla, si no para mejorar y evitar incurrir nuevamente en fallas similares (Francisco Javier González Fernández, 2005).

Todos los estudios para análisis de riesgos se centran y están cimentados en los siguientes interrogantes: 1) ¿Puede salir algo mal? 2) ¿este incidente puede volver a ocurrir y con qué frecuencia? y 3) ¿Qué consecuencias tendrá como efecto este incidente? Cuando se realiza un análisis de estos interrogantes se puede llegar a la comprensión de los riesgos que conlleva una falla y así realizar un diseño con las mejoras requeridas para que la implementación de la tarea de mantenimiento tenga las mejoras deseadas (José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010).

### 6.6.1 Modo de falla.

El modo de falla es exclusivo para cada fallo funcional de un componente o sistema y tiene como objetivo el describir de manera breve, pero especifica la falla que presente el dicho dispositivo.

La exactitud con la que se estudia un modo de falla, permitirá la inmediata solución del problema, mitigando así consecuencias que se puedan acarrear por la presencia de un modo de falla durante largos periodos de tiempo.

Por esta razón el modo de falla debe ser expresado de manera clara y para el personal que está involucrado en el proceso (José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010).

**Figura 22 Ejemplo modo de falla.** (José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010)

| <i>Falla funcional</i> |   | <i>Modo de falla</i> |   | <i>Observaciones</i>  |
|------------------------|---|----------------------|---|---|
| 1.1                    | Incapaz de absorber los contaminantes del gas hasta 4 ppm, a una temperatura de 40°C, una presión de 40 kg <sub>f</sub> cm <sup>-2</sup> y un flujo de 88.19 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> (25 mmpcsd) | 1.1.1                | Obstrucción en internos de torre por suciedad en platos                             | <i>NOTA: Modo de falla poco creíble de suscitarse. No Aplica</i>          |
|                        |   | 1.1.2                | Internos de torre dañados por corrosión / agrietamiento por cloruros                | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.1.3                | Empaque de la torre en mal estado.  | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.1.4                | Placa de fondo dañada por corrosión   | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.1.5                | No suministro de gas húmedo por parte de proveedor externo                          | <i>NOTA: Modo de falla fuera del alcance de la instalación. No aplica</i> |
|                        |   | 1.1.6                | Pérdida de contención (fuga) por corrosión / agrietamiento por corrosión – cloruros | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.2.5                | Baleros de Bomba de amina desgastados   | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.2.6                | Motor de bomba de amina quemado por sobre-voltaje                                   | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.2.7                | Baleros amarrados por falta de lubricación  | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.2.8                | Flecha bomba de amina desalineada   | <i>Ninguna</i>  |
|                        |   | 1.2.9                | Fuga en sello por desgaste del mismo  | <i>Ninguna</i>  |

### 6.6.2 Efecto de falla.

Después de finalizada la asignación de los distintos modos de falla, los cuales puedan influir en la provocación de la avería, se da la necesidad de identificar cuáles son los posibles efectos a los que puede conllevar este suceso de acuerdo al respectivo modo en que el equipo o sistema falló. Los efectos pueden ser a sistemas, personas o el medio ambiente y no necesariamente deben estar ligadas a entornos cercanos a la planta (José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010).

Cuando se identifican los efectos, se procede a evaluar las consecuencias que estos generan. Estos efectos al ser estudiados ofrecen la oportunidad de distinguir los comportamientos de la falla y la manera en que esta se manifiesta. En la figura 25, se muestra un ejemplo para el efecto de falla.

**Figura 23 Ejemplo efecto de falla**(José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, 2010).

| <i>Modo de falla</i> | <i>Efectos de la falla</i>   | <i>Consecuencias de la falla</i>  |
|----------------------|--|---|
| 1.1.2                | Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación   | Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado                       |
| 1.1.3                | Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación   | Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado                       |
| 1.1.4                | Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación   | Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado                       |
| 1.1.6                | Impacto en personas y medio ambiente, con posibilidad de intoxicación de sería a grave, incluso posible incendio del gas con daños severos a la instalación y personal. Fatalidades  | Liberación de gas amargo, gas dulce y amina con alta temperatura y presión. Se interrumpe la producción de gas dulce. Se requiere estudiar los patrones de falla dado que la corrosión es lineal, pero el agrietamiento es aleatorio                                |
| 1.2.5                | Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento  | Se presenta ruido en el equipo, vibración excesiva y puede "amarrarse" la bomba. El patrón de falla es lineal de modo que la misma puede anticiparse. Si se detiene la bomba, se interrumpe el proceso de absorción de gas, por lo tanto la producción de gas dulce |
| 1.2.6                | Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento  | Incremento de temperatura en el motor. La falla es de súbito, de modo que no necesariamente se puede anticipar. Si se detiene la bomba, se detiene la producción de gas   |
| 1.2.7                | Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento  | Incremento de temperatura y ruido previo a la presencia de la falla, la bomba se detendrá interrumpiendo la producción de gas dulce   |
| 1.2.8                | Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento  | Ruido en el motor y aumento de vibración. La bomba puede detenerse. Interrupción de la producción   |
| 1.2.9                | Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento. Se tiene impacto menor al medio ambiente y al personal, de leves a moderados si existe contacto | Liberación de amina al medio ambiente, se requiere parar la bomba para cambiar el sello y eliminar la fuga. El patrón de falla puede predecirse dado que se trata de un desgaste  |

## 7. IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Este capítulo tendrá como objetivo revelar los resultados obtenidos durante la instancia dentro las instalaciones de la empresa EMCORINTO E.S.P, así como los equipos que serán sometidos a la implementación del plan de mantenimiento programado y todo el procedimiento realizado, según los valores arrojados en el estudio de criticidad.

### 7.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 7.1.1.1 Socialización de formatos

Durante la jornada de socialización de formatos, se hizo la debida visita a cada uno de las instalaciones, impartiendo por separado a cada equipo de trabajo la capacitación pertinente, en la figura 19 se evidencia la reunión con el señor Hubarle Muriel quien, como operario, dio sugerencias referentes a la inclusión de una inspección dentro de los ítems del formulario, que creía conveniente.

**Figura 24 Entrega de formatos y capacitación en la celda transitoria. Fuente (el autor)**



De igual manera en la figura 20 se muestra evidencia de la capacitación que se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la cede principal, para el personal de fontanería y recolección de residuos sólidos.

**Figura 25 capacitación empleados del área de aseo. Fuente (el autor)**



### 7.1.2 Formatos de lista de chequeo.

Algunos datos recolectados en los formatos de lista de chequeo, para los equipos a los cuales se les realizó un estudio de criticidad, serán incorporados en este documento como anexo B.

### 7.1.3 Informe de avería.

En el anexo C se encuentran los formatos asociados a las averías causadas durante la aplicación del estudio de mantenimiento.

## 7.2 RESULTADOS EN ESTUDIO DE CRITICIDAD

En la tabla 19, se muestra la valoración de los equipos que fueron objeto de estudio, estos valores arrojados por medio de los factores ponderados de la sección 6.4 y los resultados de las ecuaciones 1 y 2 dan como resultado tres equipos los cuales entraran dentro del estudio de plan de mantenimiento (buldózer, camión compactador), además, existen dos equipos de especial cuidado, la electrobomba autocebante principal (EB752PTLCMP1) no se encuentra dentro del rango de equipos críticos pero según lo evidenciado en y las declaraciones hechas por los operarios este equipo efectúa labores durante las 22 horas del días aproximadamente y en el momento no cuenta con un equipo de respaldo en caso de que ocurra una avería, por lo cual, la comunidad de corinto se vería afectada y sin el suministro de agua durante el tiempo que el personal encargado tarde en reparar la avería ocasionada, siendo este el principal objeto por el cual se incluye dentro del plan de mantenimiento. De igual manera el generador eléctrico (GE651PTLD2P1) no cuenta con el puntaje necesario para ser clasificado como un equipo crítico, pero en un concilio con el área técnica de la empresa se expresa especial atención para este equipo ya que no cubre la suficiencia de servicio para

toda la planta de agua potable en los momentos que existe cortes en el fluido eléctrico. Las tablas correspondientes para los resultados del análisis de criticidad de cada uno de los equipos descritos en el capítulo 7 se encuentran en el anexo D.

**Tabla 19 resultado de estudio de criticidad. Fuente (el autor)**

| Equipo                | Código       | Resultado de criticidad |
|-----------------------|--------------|-------------------------|
| Bulldózer             | DS758PTLMDA2 | 152                     |
| Camión recolector     | CR811CTNAP1  | 114                     |
| Electrobomba          | EB752PTLCMP1 | 100                     |
| Generador eléctrico   | GE651PTLD2P1 | 98                      |
| Corta pisos           | CP807EPCHP1  | 60                      |
| Electrobomba          | EB753PTLCMP2 | 50                      |
| bomba bocatoma        | BB762EOCBP1  | 49                      |
| Sopla hojas           | SH805EPCHP1  | 48                      |
| Electrobomba vertical | BV751PTLCMP1 | 37                      |
| Camioneta             | CM812EPNAP1  | 33                      |
| Guadañada             | GD801EPCHP1  | 32                      |
| Dosificador           | DS756PTLMDP1 | 90                      |
| Dosificador           | DS757PTLMDA1 | 29                      |
| Dosificador           | DS758PTLMDA2 | 29                      |
| Rompe pavimento       | RP808EPCHP1  | 20                      |
| Corta setos           | CS806EPCHP1  | 20                      |
| Motobomba             | MB754PTLCMP1 | 20                      |
| Apisonadora           | AP804EPCHP1  | 20                      |
| Motobomba             | MB755PTLD2A2 | 20                      |
| Guadañada             | GD802EPCHA2  | 12                      |
| Guadañada             | GD803EPCHA3  | 12                      |
| Trituradora           | TR813EPCHP1  | 10                      |
| Motobomba             | MB759PTRCMP1 | 9                       |
| Vibro compactador     | VC809EPCHP1  | 9                       |
| Generador eléctrico   | GE652PTLD2A2 | 5                       |

### 7.3 RESULTADOS DE ESTUDIO PARA EL BULDÓZER.

El bulldózer, descrito en la sección 5.10.2.2 el cual realiza sus labores en la celda transitoria, es descrito en la tabla 20 según sus características y detalles relevantes que puedan importar a la hora de realizar tareas de mantenimiento. Este equipo con más de 20 años de operación, primero en el sector agrícola y posteriormente en la celda transitoria recolectora de residuos sólidos de la

empresa Emcorinto cuenta con un motor 7.5 CAT con 6 cilindros en línea que le proporciona una potencia de 160 hp.

Tabla 20 Hoja de vida Buldózer. Fuente (el autor)

|   |                      | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CORINTO-CAUCA |                  |                 |        |  |
|--|----------------------|---|------------------|-----------------|--------|---|
| HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS  |                      |   |                  |                 |        |   |
| FORMATO 02   |                      | HVEM-02                                     |                  | 10/09/2020      |        |   |
| EQUIPO   | Buldózer             | CÓDIGO                                      | BZ810CTNAP1      | FECHA DE COMPRA | jun-14 |   |
| NOMBRE DE OPERARIO   |                      |   |                  |                 |        |   |
| INFORME GENERAL  |                      |   |                  |                 |        |   |
| AÑO DE FABRICACIÓN   | MARCA                | MODELO                                      | SERIE            |                 |        |   |
| 1998   | CATERPILLAR          | DD4   | 23Y1006          |                 |        |   |
| MOTOR  |                      |   |                  |                 |        |   |
| TIPO DE MOTOR  | MODELO MOTOR         | POTENCIA                                    | VELOCIDAD        |                 |        |   |
| DIESEL   | C7,1Cat              | 160 Hp                                      | 2500 RPM         |                 |        |   |
| N° MOTOR   | CONFIGURACIÓN        | SISTEMA DE COMBUSTIÓN                       | PESO NETO        |                 |        |   |
| 45v>30911  | 6 EN LINEA           | INYECCIÓN DIRECTA                           | 788 Kg           |                 |        |   |
| INFORMACIÓN GENERAL  |                      |   |                  |                 |        |   |
| N° ZAPATAS   | CARRILES SUPERIORES  | CARRILES INFERIORES                         | TIPO DE TRACCIÓN |                 |        |   |
| 36   | 2                    | 12  | TRASERA          |                 |        |   |
| CAPACIDAD DE LLENADO   |                      |   |                  |                 |        |   |
| TANQUE COMBUSTIBLE   | SISTEMA EMFRIAMIENTO | CARTER DEL MOTOR                            | MANDOS FINALES   |                 |        |   |
| 260 L  | 30 L                 | 18 L  | 18,5 L           |                 |        |   |
|  | TANQUE HIDRÁULICO    |   |                  |                 |        |   |
|  | 64 L                 |   |                  |                 |        |   |
| DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO   |                      |   |                  |                 |        |   |
| Equipo en uso dentro de la celda transitoria, cumpliendo funciones de nivelado de residuos solidos depositados por el camión recolector, cuenta con un promedio de 6 a 8 horas diarias de uso. |                      |   |                  |                 |        |   |
| REPORTE DE MANTENIMIENTO   |                      |   |                  |                 |        |   |
| Cambio de sello rueda libre 21-10-20   |                      |   |                  |                 |        |   |
| Cambio de pistas de carriles superior e inferior izquierdo   |                      |   |                  |                 |        |   |
| Cambio sello de gato izquierdo de la pala  |                      |   |                  |                 |        |   |
| Revisión de bomba en mandos hidráulicos  |                      |   |                  |                 |        |   |

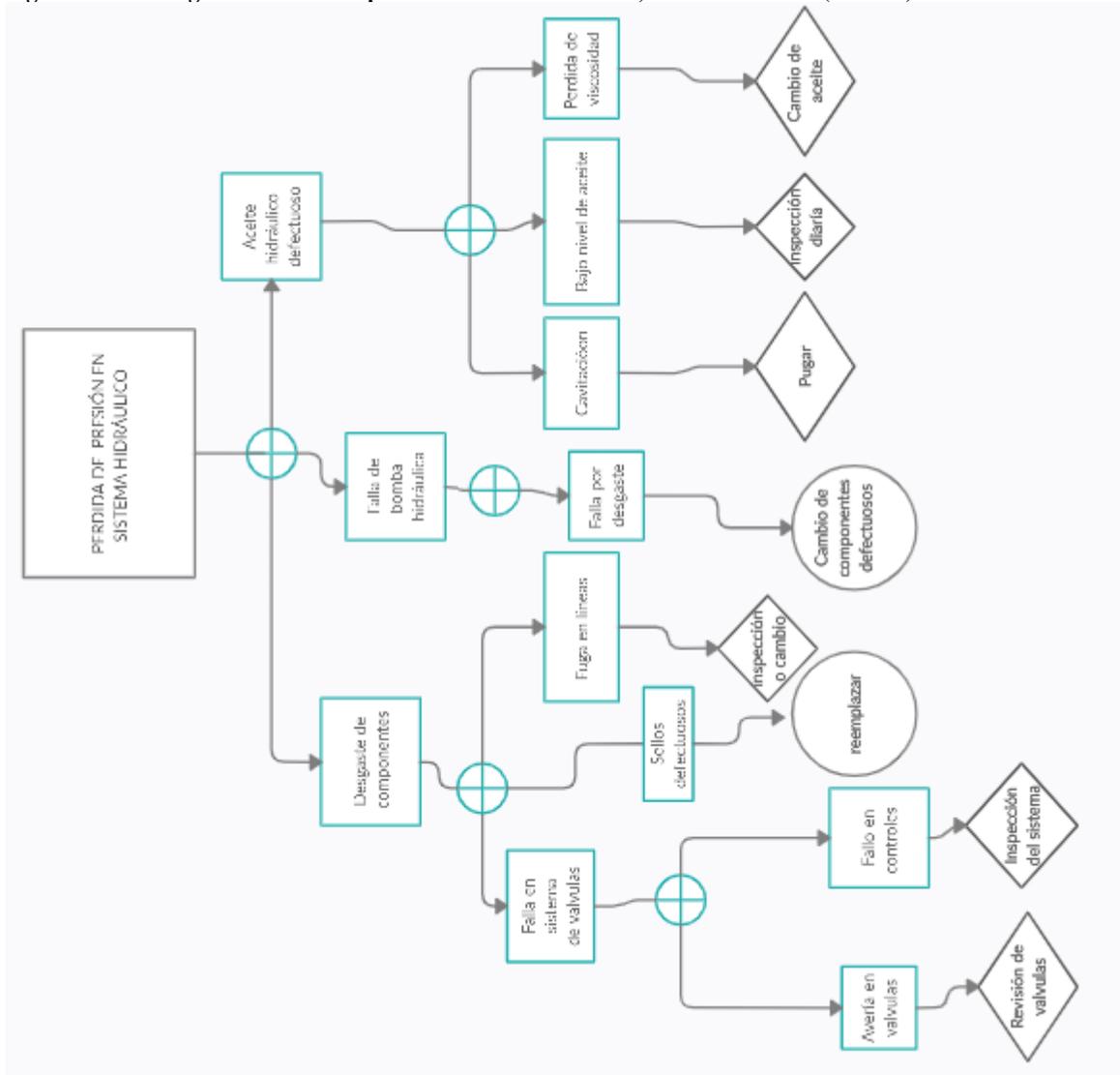
Los estudios realizados por medio de los datos que se recolectaron para el buldócer, muestran en la tabla 17 un estado de criticidad de CRT = 152, lo cual queda reflejado en el número de mantenimientos correctivos efectuados en el tiempo estipulado de estudio y demás criterios ponderados que se mencionaron en la tabla 17.

### 7.3.1 Árbol lógico de decisiones buldózer.

#### 7.3.1.1 Árbol lógico de decisiones por pérdida de presión en sistema hidráulico.

En la figura 26 se muestra el árbol de decisiones correspondiente al fallo presentado en el sistema hidráulico por pérdida de presión del buldózer.

Figura 26 Árbol lógico de decisiones presión de aceite hidráulico, buldózer. Fuente (el autor)



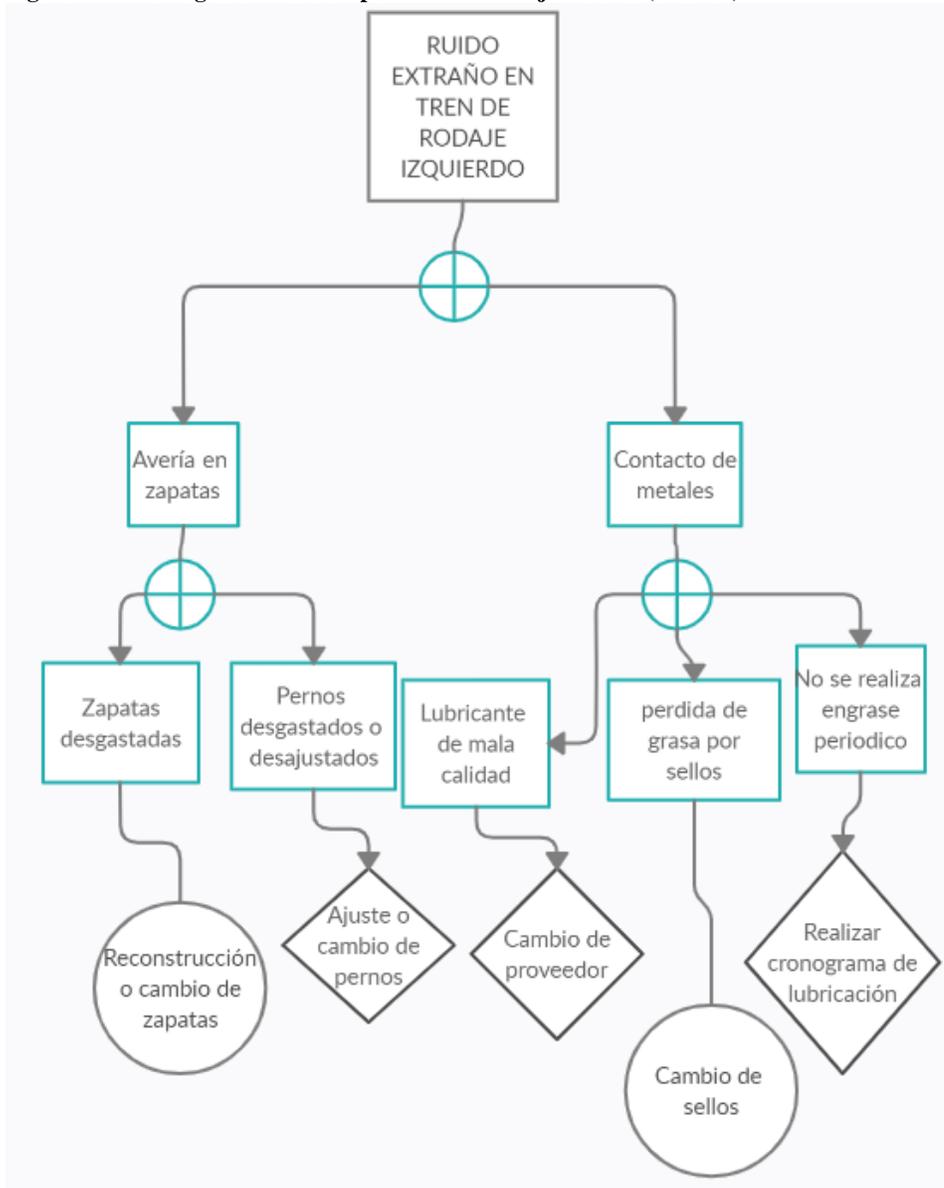
Para la falla detectada en el sistema de potencia del brazo hidráulico del buldózer, se procede a realizar un estudio de la posible causa que originó la deficiencia en el sistema teniendo en cuenta 3 elementos esenciales para el correcto funcionamiento del equipo: los componentes que comprenden el sistema hidráulico (ductos, cilindros hidráulicos, acoples, etc.), la bomba y el fluido

hidráulico. De todas las tareas designadas para la verificación del buen funcionamiento de los componentes, en la actualidad se han desarrollado dos de ellas, como se puede evidenciar en la figura 26, el cambio de sellos en el cilindro hidráulico y bomba hidráulica.

### 7.3.1.2 Árbol lógico de decisiones por detección de sonidos extraños en tren de rodaje izquierda.

En la figura 27 se muestra el árbol de decisiones correspondiente al fallo presentado por presencia anomalías en tren de rodaje izquierda.

Figura 27 Árbol lógico de decisión para tren de rodaje. Fuente (el autor)



La falla representada en la figura 27 y evidenciada en el Anexo C5 y el anexo F, mostró una mejora significativa con la reconstrucción de zapatas del tren de rodaje y cambio de sellos.

### 7.3.2 AMEF aplicado a fallas presentadas en buldózer.

En el análisis de modo y efectos de fallas descrito en la tabla 21, se ve reflejado el estudio realizado sobre los arboles de decisiones con el fin de generar la estructura del plan de mantenimiento. Se denotan dos fallas las cuales están desglosadas en sus posibles fallas funcionales y los efectos que estas puedan causar, así como la acción de mantenimiento sugerida para la posible avería.

**Tabla 21 Resultados AMEF de fallas en buldózer. Fuente (el autor)**

| HOJA DE REGISTRO DEL AMEF   |   |  |  |  |  |  |   |   |                                  |                                  |
|---|---|--|--|--|--|--|---|---|----------------------------------|----------------------------------|
|  |   | SISTEMA: Celda transitoria               |  |  | EMPRESA: EMCORINTO E.S.P   |  |   |   |                                  |                                  |
|   |   | EQUIPO PRINCIPAL: BULDÓZER               |  |  | FECHA INICIO: agosto 2020  |  |   |   |                                  |                                  |
|   |   | CÓDIGO: BZ810CTNA P1                     |  |  | FECHA TERMINACIÓN: diciembre 2020  |  |   |   |                                  |                                  |
| PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO  |   |  |  |  |  |  |   |   |                                  |                                  |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN   | FALLA FUNCIONAL   | MODO DE FALLA                            | EFECTO DE FALLAS                           | ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO - APLICANDO ÁRBOL LÓGICO DE DECISIÓN        | ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR   | FRECUENCIA DE APLICACIÓN   | PERSONAL  |   |                                  |                                  |
| 1   | ENTREGAR LA POTENCIA NETA DE 97 KW PARA LA NIVELACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS | 1A<br>Componentes de maquina desgastados | 1A1  | Perdida de presión por sellos de cilindro hidráulico en mal estado     | Disminución de nivel de aceite hidráulico, disminuyendo así la presión del mismo sobre todo el sistema.  | No programado  | Correctivo / Realizar cambio de sellos en cilindro hidráulico izquierdo     | Anual   | Contratista de mto. de la planta |                                  |
|   |   |  | 1A2  | Perdida de aceite hidráulico por conductos                             | Disminución en nivel de aceite hidráulico, disminuyendo así la presión del mismo sobre todo el sistema.  | No programado  | Rutina de inspección/ inspección en líneas y acoples de presión hidráulica. | Diaría  | Operario                         |                                  |
|   |   | 1B<br>Bomba hidráulica presenta fallas   | 1B1  | Componentes dinámicos de bomba hidráulica presenta fallas por desgaste | La presencia de solidos dentro del sistema incrementa el riesgo de daño de componentes, además se predice el fin de la vida útil de l componente | Preventivo   | Preventivo / Realizar estudio de análisis de fluidos                        | Anual   | Contratista de mto. de la planta |                                  |
|   |   |  | 1B2  | Juntas y retenedores de bomba desgastados                              | Se presenta perdida del fluido, disminuyendo su nivel y provocando daños en sistema por fricción   | programado   | Correctivo / Realizar cambio de componentes que presenten desgaste          | Anual   | Contratista de mto. de la planta |                                  |
|   |   | 1C<br>Aceite hidráulico defectuoso       | 1C1  | 1C1  | Cavitación   | Desgaste prematuro de componentes del sistema                                  | Tarea con base en condición   | Correctivo / Realizar proceso de purgado                      | Mensual                          | Contratista de mto. de la planta |
|   |   |  |  | 1C2  | Presencia de solidos   | Desgaste prematuro de componentes del sistema                                  | No programado   | Correctivo/ Cambio de aceite hidráulico del sistema           | Anual                            | Técnico de mantenimiento         |
|   | 1C3   |  | Nivel de aceite hidráulico bajo            | Perdida de presión del sistema y posible desgaste por fricción         | Preventivo   | Rutina de inspección /Revisión de nivel de aceite y suministro si es necesario | Diaría  | Operario  |                                  |                                  |
|   | 1C3   |  | Perdida de viscosidad en aceite hidráulico | Perdida de presión del sistema y posible desgaste por fricción         | Tarea con base en condición  | Correctivo/ Cambio de aceite hidráulico del sistema                            | Anual   | Contratista de mto. de la planta                              |                                  |                                  |
|   | 1D<br>Falla en el sistema de válvulas                                     | 1D1                                      | 1D1  | Fallo en el sistema de control de válvulas                             | El sistema no realiza mandos o realiza mandos incorrectos  | No programado  | Correctivo/ inspección en el sistema de control de mandos                   | Anual   | Técnico electricista             |                                  |
|   |   |  | 1D2  | Avería de válvulas   | No existe control sobre la presión de aceite   | No programado  | Correctivo/ revisar válvulas y corregir posibles averías                    | Anual   | Contratista de mto. de la planta |                                  |
|   | 2   | 2A<br>Fricción por falta de lubricación  | 2A1  | 2A1  | Sello de rueda libre deja perder grasa   | Riesgo de contacto entre metales   | No programado   | Correctivo / Reconstrucción y cambio de sellos de rueda libre | anual                            | Contratista de mto. de la planta |
|   |   |  |  | 2A2  | Lubricante de mala calidad   |  | Tarea con base en condición   | Correctivo/ cambio de lubricante de mejor calidad             | Anual                            | Técnico de mantenimiento         |
|   |   |  |  | 2A3  | Excesivas horas de trabajo sin realizar engrase de rodamientos   |  | preventivo  | Rutina de inspección / Realizar engrase de partes móviles     | Semanal                          | Operario                         |
|   |   | 2B<br>Avería en zapatos de carril        | 2B1  | 2B1  | Pernos desgastados   | Limitación en labor del tren de rodaje   | No programado   | Correctivo / Realizar ajuste o cambio si es necesario         | Anual                            | Técnico de mantenimiento         |
| 2B2   |   |  |  | Zapatas de carril presentas grietas o fracturas                        | No programado  |  | Correctivo / Realizar cambio o reconstrucción de zapatas de carrilera       | Anual   | Contratista de mto. de la planta |                                  |
|   |   |  |  |  |  |  |   |   |                                  |                                  |

### 7.3.3 Cronograma de mantenimiento para buldózer.

De acuerdo a los resultados arrojados por los arboles lógicos de decisiones y el estudio del AMEF aplicados a las fallas del buldózer y realizando una evaluación

general de los sistemas y componentes del buldózer se procede a implementar el cronograma de mantenimiento programado, descrito en la tabla 22.

**Tabla 22 Cronograma de mantenimiento programado Buldózer. Fuente (el autor)**

| SISTEMA                                   |   | HORAS DE TRABAJO |     |     |      |      |      |      |      |
|---|---|------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
|   |   | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
| C<br>A<br>M<br>B<br>I<br>O                | <b>MOTOR</b>  | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | ACEITE Y FILTRO DE MOTOR                            | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | FILTRO DE AIRE                                      |                  |     |     | X    |      |      |      | X    |
|   | CORREAS DE MOTOR                                    |                  |     |     | X    |      |      |      | X    |
|   | FILTRO DE COMBUSTIBLE                               |                  |     |     | X    |      |      |      | X    |
|   | <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>                     | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | LÍQUIDO REFRIGERANTE                                |                  |     |     |      |      | X    |      |      |
|   | <b>TRASMISIÓN Y EMBRAGUE</b>                        | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | ACEITE DE DEPOSITO HIDRÁULICO                       |                  |     |     | X    |      |      |      | X    |
|   | FILTRO HIDRÁULICO                                   |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
| FILTRO DE SERVOTRASMISIÓN                 |   |                  |     | X   |      |      |      | X    |      |
| DAMPER                                    |   |                  |     | X   |      |      |      | X    |      |
| ACEITE DE LA CERVO TRANSMISIÓN.           |   |                  |     | X   |      |      |      | X    |      |
| I<br>N<br>S<br>P<br>E<br>C<br>I<br>O<br>N | <b>MOTOR</b>  | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | FILTRO DE AIRE                                      | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | FILTRO DE COMBUSTIBLE                               | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | <b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>                     | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | LIQUIDO REFRIGERANTE                                | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | <b>TRASMISIÓN Y EMBRAGUE</b>                        | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | LUBRICANTE DE CAJA                                  |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
|   | LUBRICANTE DE TRANSMISIÓN                           |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
|   | <b>RODAMIENTO</b>                                   | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | ZAPATAS DE CARRILERA                                | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
| BUJES Y PASADORES                         |   | X                |     | X   |      | X    |      | X    |      |
| O<br>T<br>R<br>O                          | <b>DESARROLLO DE TAREAS IMPORTANTES</b>             | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
|   | LIMPIAR RADIADOR                                    |                  |     |     |      |      |      |      | X    |
|   | REALIZAR AJUSTE DE ZAPATAS                          |                  |     | X   |      |      | X    |      |      |
|   | LIMPIAR FILTRO DE ACEITE DEL CONVERTIDOR            |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
|   | LIMPIAR FILTRO DE ASPIRACIÓN DE ACEITE DE EMBRAGUES |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |

## 7.4 RESULTADOS PARA CAMIÓN COMPACTADOR

El camión compactador, realiza sus labores alrededor del municipio de Corinto, según los horarios estipulados en la tabla 6, el equipo es descrito en la tabla 21 según sus características y detalles relevantes que puedan importar a la hora de realizar tareas de mantenimiento.

Este equipo de marca Chevrolet adquirido en el año 2007, cuenta con un motor marca CAT 3116 y está dotado de una carrocería tipo compactador que facilita y ofrece agilidad a los operadores.

En el estudio de criticidad con resultados evidenciados en la tabla 19, el camión compactador obtuvo un puntaje de CRT= 119 por lo que las averías reportadas serán motivo de estudio en esta sección.

Tabla 23 Hoja de vida, camión recolector, Fuente ( el autor)

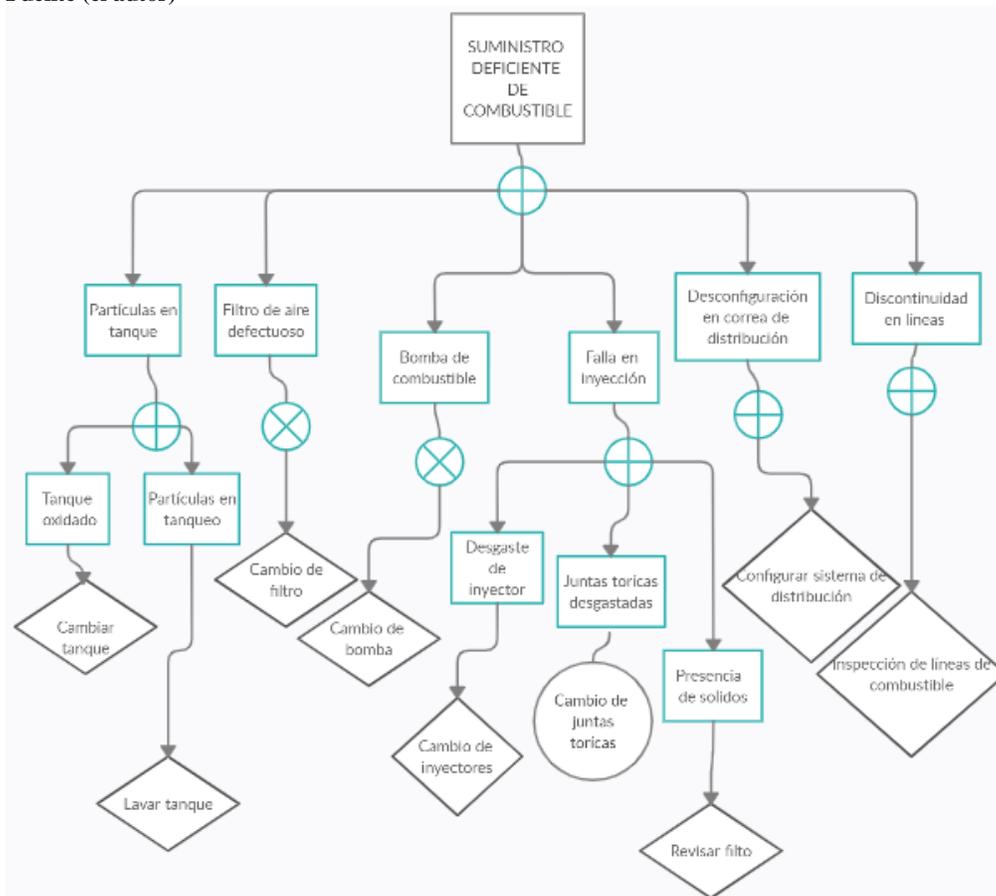
|    |                          | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CORINTO-CAUCA |             |                        |  |
|---|--------------------------|---|-------------|------------------------|---|
|   |                          | HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS           |             |                        |   |
| FORMATO 03  |                          | HVEM-03                                     |             | 10/09/2020             |   |
| <b>EQUIPO</b>   | Camión compactador       | <b>CÓDIGO</b>                               | CR811CTNAP1 | <b>FECHA DE COMPRA</b> | jun-07  |
| <b>NOMBRE DE OPERARIOS</b>  |                          |   |             |                        |   |
| INFORME GENERAL   |                          |   |             |                        |   |
| PLACA   | MARCA                    | LÍNEA                                       | MODELO      |                        |   |
| OVR 081   | CHEVROLET                | KODIA                                       | KODIA 241   |                        |   |
| N° CHASIS   | TIPO DE CARROCERÍA       | SERIE                                       | CAPACIDAD   |                        |   |
| 9GDP7H1C89B010324   | COMPACTADOR              | 9GDP7H1C89B010324                           | 10,2 TON    |                        |   |
| MOTOR   |                          |   |             |                        |   |
| TIPO DE MOTOR   | MODELO                   | POTENCIA                                    | VELOCIDAD   |                        |   |
| DIESEL 4 TIEMPOS  | CAT 3116                 | 350 HP                                      | 2800 RPM    |                        |   |
| N° MOTOR  | CONFIGURACIÓN            | CILINDRAJE                                  | PESO        |                        |   |
| 9SZ41385  | 6-V                      | 7500  | 158,7 KG    |                        |   |
| CARACTERÍSTICAS CARROCERÍA  |                          |   |             |                        |   |
| TIPO  | N° CILINDROS HIDRÁULICOS | MATERIALES                                  | VOLUMEN MAX |                        |   |
| COMPACTADOR   | 7                        | ACERO                                       | 15,3 m3     |                        |   |
| DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO  |                          |   |             |                        |   |
| Camión compactador realiza labores de recolección de residuos sólidos y transporte hacia la celda de contingencia. Esta labor se realiza con un promedio de 8 horas diarias durante 5 días a la semana. |                          |   |             |                        |   |
| REPORTE DE MANTENIMIENTO  |                          |   |             |                        |   |
| Cambio de anillos de inyectores   |                          |   |             |                        |   |
| Cambio de manguera de presión caja de tolva   |                          |   |             |                        |   |
| Cambio de hoja principal de resorte trasera izquierda   |                          |   |             |                        |   |

### 7.4.1 Árbol de decisión para falla en inyección de combustible motor camión compactador

En la figura 28 se muestra el árbol de decisiones correspondiente al fallo presentado por deficiencia de inyección de combustible en la cámara de combustión, se realizó un estudio con las causas posibles que influirían en dicha falla y para cada una de las causas propuestas se asignó la decisión correspondiente, de igual manera se realizó el cambio de juntas tóricas de los inyectores, ya que realizando las debidas revisiones con el personal técnico y de mantenimiento, se llegó a la conclusión de que estas piezas interferían directamente en la falla.

En el anexo H se encuentra evidencia fotográfica del mantenimiento realizado al cuerpo de inyectores, cabe resaltar que esta tarea ya se ha realizado en el pasado, así que se da atención a algunos de los ítems involucrados dentro del árbol de decisión, con el ánimo de contribuir en la solución del causante raíz de esta serie de sucesos no deseados.

Figura 28 Árbol lógico de decisiones para fallo en suministro de combustible en motor de camión compactador. Fuente (el autor)



### 7.4.2 AMEF para falla de inyección en camión compactador.

En la tabla 24 se puede detallar el desglose del análisis de modo de falla para la avería presentada en el motor del camión compactador, dando como resultado el mal funcionamiento del mismo.

Es preciso recalcar que existen informes sobre la presencia de una falla similar meses antes de iniciar la presente investigación dentro de la empresa. Con el objetivo de no incurrir más en este tipo de averías que involucren el sistema de inyección, el cuadro de AMEF intenta indagar y excavar más a fondo los posibles detonantes, que pudiesen generar nuevamente una parada no programada por parte del camión recolector.

**Tabla 24 Resultados AMEF para fallas de camión compactador. Fuente (el autor)**

| HOJA DE REGISTRO DEL AMEF   |                 |   |                  |   |   |                          |   |         |                                  |
|---|-----------------|---|------------------|---|---|--------------------------|---|---------|----------------------------------|
|  |                 | SISTEMA: Celda transitoria                                    |                  | EMPRESA: EMCORINTO E.S.P  |   |                          |   |         |                                  |
|   |                 | EQUIPO PRINCIPAL: Camión compactador                          |                  | FECHA INICIO: agosto 2020   |   |                          |   |         |                                  |
|   |                 | CÓDIGO: CR811CTNAP1   |                  | FECHA TERMINACIÓN: diciembre 2020   |   |                          |   |         |                                  |
| PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO  |                 |   |                  |   |   |                          |   |         |                                  |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN   | FALLA FUNCIONAL | MODO DE FALLA   | EFECTO DE FALLAS | ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO- APLICANDO ÁRBOL LÓGICO DE DECISIÓN            | ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR                  | FRECUENCIA DE APLICACIÓN | PERSONAL  |         |                                  |
| 1   | 1A              | Obstrucción de ductos por presencia impurezas en el tanque    | 1A1              | Al momento de carga de combustible entran partículas indeseadas al tanque | Filtro de combustible con obstrucción por impurezas | Preventivo               | Preventivo / Realizar limpieza alrededor del tanque de combustible/ cambiar de proveedor si es necesario          | Diaria  | Operario                         |
|   |                 |   | 1A2              | Tanque de combustible oxidado   | Filtro de combustible con obstrucción por impurezas | programado               | Rutina de inspección/ Inspección en cantidad de sedimentos en el filtro/ lavado interno de tanque si es necesario | Mensual | Técnico de mantenimiento         |
|   | 1B              | Falla de la bomba de combustible                              | 1B1              | Componentes internos desgastados  | cavitación  | No programado            | Correctivo / Realizar Cambio de bomba de combustible  | Anual   | Contratista de mto. de la planta |
|   | 1C              | Falla de inyectores   | 1C1              | Juntas tóricas desgastadas  | Perdida de compresión/ cavitación                   | No programado            | Correctivo / Cambio de juntas tóricas   | Mensual | Contratista de mto. de la planta |
|   |                 |   | 1C2              | Presencia de sólidos  | Daño de componentes internos                        | programado               | Correctivo/ Cambio de filtro de combustible   | Anual   | Técnico de mantenimiento         |
|   |                 |   | 1C3              | Desgaste de inyector  | Perdida de compresión                               | Correctivo               | Correctivo/ Cambio de inyectores  | Diaria  | Operario                         |
|   | 1D              | Suministro de aire por discontinuidad en limas de combustible | 1D1              | Líneas de inyección descompuestas   | cavitación  | No programado            | preventivo/ inspección en el sistema de líneas de combustible   | Mensual | Técnico de mantenimiento         |
|   |                 |   | 1D2              | Acoples desajustados  | cavitación  | No programado            | preventivo/ inspección en el sistema de líneas de combustible   | Mensual | Técnico de mantenimiento         |
|   | 1E              | Correa de distribución en destiempo                           | 1D1              | Bomba de combustible no suministra fluido en tiempos correctos            | Fallo en funcionamiento de motor                    | No programado            | Correctivo/Configurar sistema de distribución   | Anual   | Contratista de mto. de la planta |
|   | 1F              | Filtro de aire no funciona                                    | 2B2              | Succiona poco aire o aire con impureza                                    | Fallo en funcionamiento de motor                    | No programado            | Correctivo / cambio de filtro de aire   | Mensual | Técnico de mantenimiento         |

### 7.4.3 Cronograma de mantenimiento de camión compactador

Según los datos arrojados por el estudio del AMEF con ayuda del árbol lógico de decisiones, además de la caracterización e investigación realizada, es posible generar e implementar un cronograma de mantenimiento que se acople a las necesidades del equipo automotor y de las personas que están involucradas en con el sistema.



## 7.5 GENERADOR ELÉCTRICO

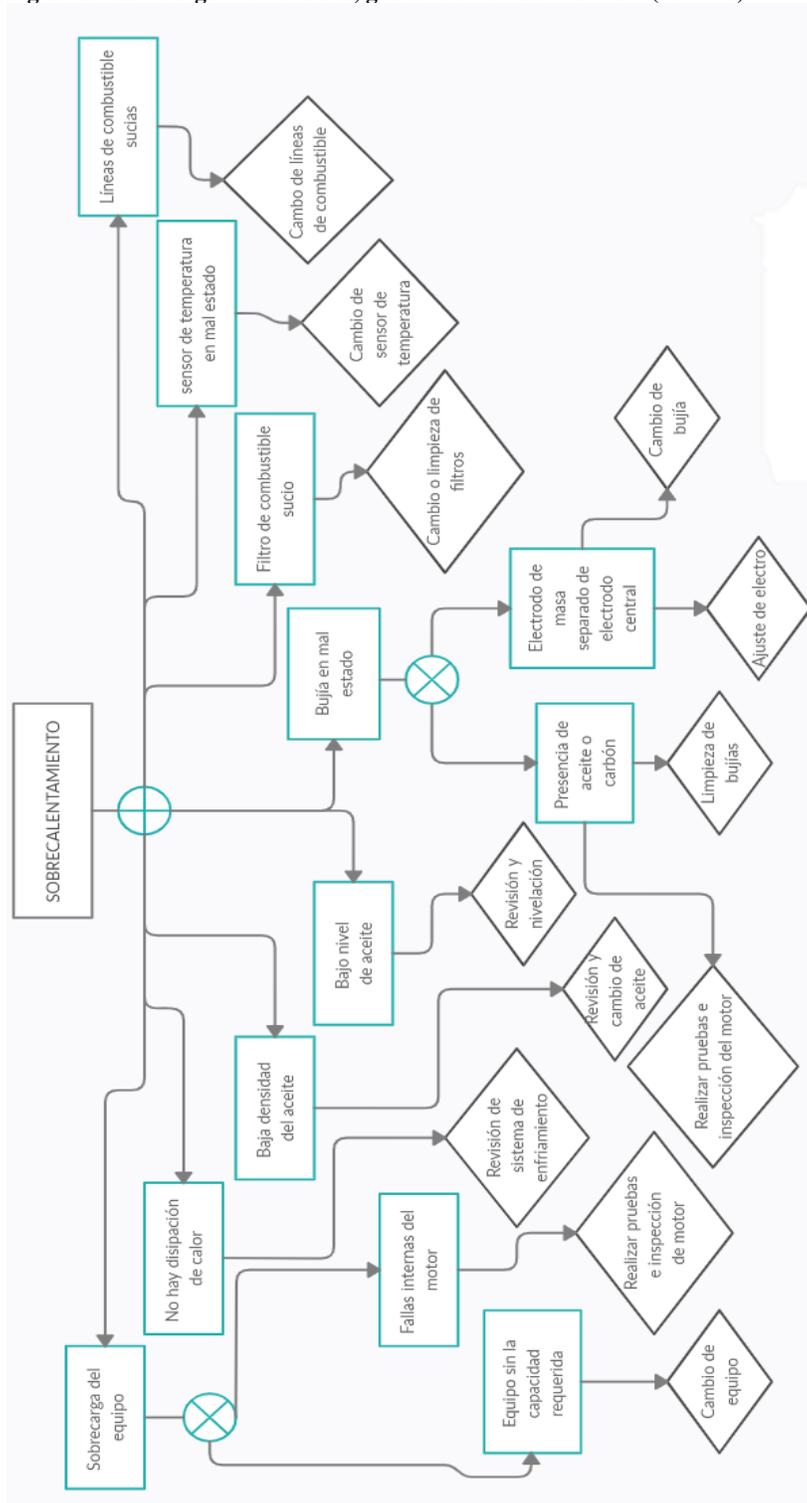
El generador eléctrico representado con sus datos más relevantes en la tabla 26 cuenta con un motor diésel DV186 que le permite entregar un voltaje de 110V y 20 A que suministran energía para los equipos que mantienen la producción de agua dentro de la planta, y a su vez permiten la iluminación a los operarios, quienes requieren de constante inspección de los equipos.

Tabla 26 Ficha técnica generador eléctrico. Fuente (el autor)

|   |                       |   |                   |                 |        |   |
|---|-----------------------|---|-------------------|-----------------|--------|---|
|    |                       | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CORINTO-CAUCA |                   |                 |        |  |
|   |                       | HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS           |                   |                 |        |   |
|   |                       | FORMATO 04                                  | HVEM-01           | 10/09/2020      |        |   |
| EQUIPO  | Generador eléctrico   | CÓDIGO                                      | GE651PTLD2P1      | FECHA DE COMPRA | feb-19 |   |
| NOMBRE DE OPERARIOS   |                       |   |                   |                 |        |   |
| <b>INFORME GENERAL</b>  |                       |   |                   |                 |        |   |
| VOLTAJE(V)  | MARCA                 | MODELO                                      | AMPERAJE(A)       |                 |        |   |
| 120   | SILENT                | LF7800                                      | 20                |                 |        |   |
| <b>MOTOR</b>  |                       |   |                   |                 |        |   |
| TIPO DE MOTOR   | MODELO                | POTENCIA                                    | VELOCIDAD         |                 |        |   |
| DIESEL  | DV186                 | 8 HP  | 3600 RPM          |                 |        |   |
|   |                       | CILINDRAJE                                  |                   |                 |        |   |
|   |                       | 406 cc                                      |                   |                 |        |   |
| <b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>  |                       |   |                   |                 |        |   |
| CAP. MAX COMB.  | CAP. MAX ACEITE MOTOR | NIVEL DE RUIDO                              | ACEITE LUBRICANTE |                 |        |   |
| 12,5 L  | 1,65 L                | 80 Db                                       | SAE 10-30 W       |                 |        |   |
|   |                       | PESO NETO                                   |                   |                 |        |   |
|   |                       | 90 Kg                                       |                   |                 |        |   |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO</b>   |                       |   |                   |                 |        |   |
| Equipo ubicado en la planta de tratamiento de agua potable, encargado del suministro de energía para toda la planta en el momento en que existen cortes eléctricos. |                       |   |                   |                 |        |   |
| <b>REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>   |                       |   |                   |                 |        |   |
| No genera potencia energética suficiente para toda la planta  |                       |   |                   |                 |        |   |

### 7.5.1 Árbol lógico de decisión para falla de sobrecalentamiento en generador eléctrico.

Figura 29 Árbol lógico de decisión, generador eléctrico. Fuente (el autor)



Durante la inspección de la planta de tratamiento de agua potable se reitera la necesidad por parte del personal técnico de adquirir una nueva planta, ya que el equipo que realiza sus labores ha presentado averías en cuanto a sobrecalentamientos. El objetivo del árbol de dediciones es tomar todas la tares asignadas y convertirlas en una rutina de chequeo por medio de un AMEF y de esta manera realizar un cronograma de mantenimiento programado según las horas de trabajo.

### 7.5.2 AMEF aplicado a sobrecalentamiento de generador eléctrico.

En cuanto a la falla de sobrecalentamiento en el generador eléctrico, el árbol lógico de decisiones arroja las posibles fallas que han podido ser el detonante para la presencia de la anomalía, en la tabla 27 se da el modo y efecto de falla con las posibles acciones de corrección que se pueden generar.

**Tabla 27 Resultados AMEF para falla en generador eléctrico. Fuente (el autor)**

| HOJA DE REGISTRO DEL AMEF   |   |  |                                     |  |                                    |  |          |                          |
|---|---|--|-------------------------------------|--|------------------------------------|--|----------|--------------------------|
|  |   | SISTEMA: PETAL                         |                                     | EMPRESA: EMCORINTO E.S.P   |                                    |  |          |                          |
|   |   | EQUIPO PRINCIPAL : Generador eléctrico |                                     | FECHA INICIO: agosto 2020  |                                    |  |          |                          |
|   |   | CÓDIGO: GE651PTLD2P1                   |                                     | FECHA TERMINACIÓN: diciembre 2020  |                                    |  |          |                          |
| PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO  |   |  |                                     |  |                                    |  |          |                          |
| ESTANDAR DE EJECUCIÓN   | FALLA FUNCIONAL   | MODO DE FALLA                          | EFECTO DE FALLAS                    | ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO - APLICANDO ÁRBOL LÓGICO DE DECISIÓN              | ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR | FRECUENCIA DE APLICACIÓN                                   | PERSONAL |                          |
| 1   | 1A Sobrecalentamiento   | 1A1                                    | Sobrecarga del equipo               | El equipo no genera suficiente energía para la capacidad que exige la planta | Por condición                      | Correctivo/ Evitar el uso de equipos no necesarios         | Diaria   | Operario                 |
|   |   | 1A2                                    | No hay disipación de calor          | ventiladores no giran  | preventivo                         | revisión periódica de sistema de enfriamiento              | Semanal  | Operario                 |
|   |   | 1A3                                    | Baja densidad del aceite            | Contacto por fricción de piezas internas                                     | programado                         | Preventivo / Revisión y cambio de aceite, de ser necesario | Semanal  | Operario                 |
|   |   | 1A4                                    | Bajo nivel de aceite                | Contacto de piezas internas  | programado                         | Preventivo / Revisión y cambio de aceite, de ser necesario | Diaria   | Operario                 |
|   |   | 1A5                                    | bujías en mal estado                | No tiene la potencia suficiente  | No programado                      | Correctivo/ Ajuste o cambio de bujías                      | Anual    | Técnico de mantenimiento |
|   |   | 1A6                                    | Filtros de combustible sucios       | No tiene la potencia suficiente  | programado                         | Correctivo/ realizar cabio o lavado de filtros             | Mensual  | Técnico de mantenimiento |
|   |   | 1A7                                    | Sensor de temperatura en mal estado | Datos incorrectos de temperatura   | No programado                      | Correctivo/ Realizar cambio de sensor de temperatura       | Anual    | Técnico de mantenimiento |
|   |   | 1A8                                    | Líneas de combustible sucias        | No tiene la potencia suficiente  | No programado                      | Correctivo/ realizar cabio de líneas de combustible        | Anual    | Técnico de mantenimiento |
|   | Generar 20 A a 110 v para la alimentación de energía durante los cortes de fluido eléctrico en la PETAL |  |                                     |  |                                    |  |          |                          |

### 7.5.3 Cronograma de mantenimiento programado para generador eléctrico.

En la tabla 28 se establece una serie de tareas programadas de las cuales se requiere cumplimiento con el fin de determinar si la ocurrencia de la falta es por falta de mantenimiento o si de lo contrario, existe una sobrecarga del equipo y este requiere se reemplado por generador eléctrico con mayor capacidad.

Tabla 28 Cronograma de mantenimiento programado. Fuente (el autor)

|    |                                     |                  |     |     |      |      |      |      |      |
|---|-------------------------------------|------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EMCORINTO E.S.P<br>CONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO<br>GENERADOR ELÉCTRICO<br>CMEM-03 6/12/2020 GE651PTLD2P1 |                                     |                  |     |     |      |      |      |      |      |
| SISTEMA   |                                     | HORAS DE TRABAJO |     |     |      |      |      |      |      |
| TAREA   |                                     | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
| <b>C<br/>A<br/>M<br/>B<br/>I<br/>O</b>  | ACEITE Y FILTRO DE MOTOR            | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | FILTRO DE AIRE                      |                  |     |     | X    |      |      |      | X    |
|   | BUJÍAS                              |                  |     |     |      |      |      |      | X    |
|   | CORREAS Y ELEMENTOS AUXILIARES      |                  |     |     |      |      | X    |      |      |
|   | FILTRO DE COMBUSTIBLE               |                  |     |     |      |      |      |      | X    |
|   | LIQUIDO REFRIGERANTE                |                  |     |     |      |      | X    |      |      |
| TAREA   |                                     | 250              | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 |
| <b>I<br/>N<br/>S<br/>P<br/>E<br/>C<br/>I<br/>Ó<br/>N</b>  | ACEITE Y FILTRO DE MOTOR            | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | FILTRO DE AIRE                      | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | BUJÍAS                              |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
|   | FILTRO DE COMBUSTIBLE               | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | CORREAS Y ELEMENTOS AUXILIARES      |                  |     | X   |      |      | X    |      |      |
|   | ESOBILLAS Y COJINETES DE ALTERNADOR |                  |     |     |      |      | X    |      |      |
|   | LIMPIEZA EXTERNA                    |                  | X   |     | X    |      | X    |      | X    |
|   | LIQUIDO DE BATERIAS                 | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |
|   | LIQUIDO REFRIGERANTE                | X                | X   | X   | X    | X    | X    | X    | X    |

### 7.6 ELECTROBOMBA

Aunque la electrobomba autocebante no presento fallas, fue de gran interés por parte del cuerpo técnico de la empresa que este equipo estuviese incluido como un equipo crítico, ya que este equipo ejecuta labores durante 20 horas al día y no cuenta con un equipo de respaldo; de esta manera la sección actual se centrara en investigar los fallos más comunes por parte de la electrobomba con el fin de tener un previo conocimiento de los equipos, herramientas y repuestos requeridos en el momento que la maquina incurra en una falla, ya que de no tener un plan de

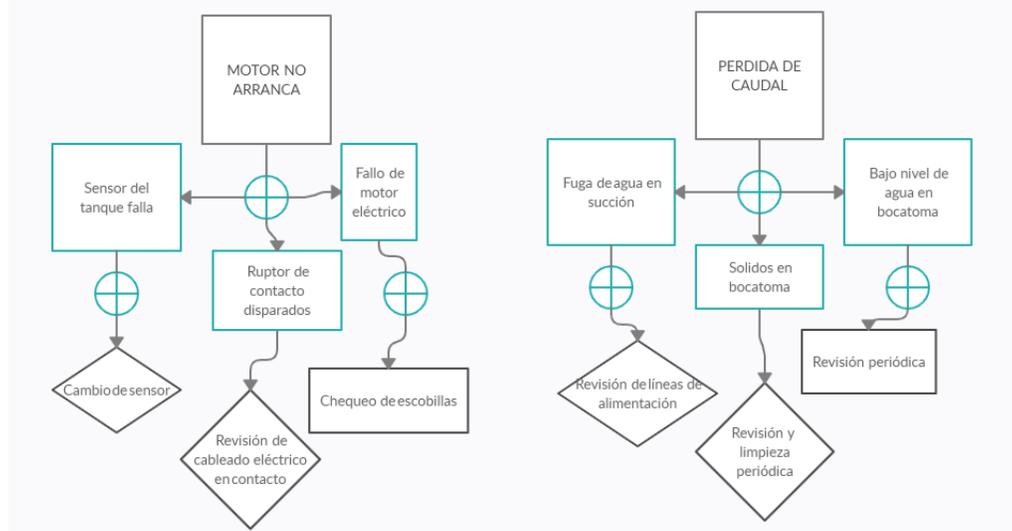
contingencia a la mano, la empresa se vería obligada a no suministrar agua para la comunidad durante el tiempo de avería de la máquina.

Tabla 29 Ficha técnica bomba autocebante. Fuente (el autor)

|  |                             |   |                              |                 |            |   |
|--|-----------------------------|---|------------------------------|-----------------|------------|---|
|   |                             | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CORINTO-CAUCA |                              |                 |            |  |
|  |                             | HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS           |                              |                 |            |   |
|  |                             | FORMATO 01                                  | HVEM-01                      |                 | 10/09/2020 |   |
| EQUIPO   | Bomba autocebante           | CÓDIGO                                      | EB752PTLCMP1                 | FECHA DE COMPRA | feb-18     |   |
| NOMBRE DE OPERARIOS  |                             |   |                              |                 |            |   |
| <b>INFORME GENERAL</b>   |                             |   |                              |                 |            |   |
| <b>TIPO DE BOMBA</b>   | <b>MARCA</b>                | <b>MODELO</b>                               | <b>SERIE</b>                 |                 |            |   |
| CENTRIFUGA   | BARNES                      | AE 1.5 20                                   | 1700171004                   |                 |            |   |
| <b>MOTOR</b>   |                             |   |                              |                 |            |   |
| <b>TIPO DE MOTOR</b>   | <b>VOLTAJE</b>              | <b>POTENCIA</b>                             | <b>VELOCIDAD</b>             |                 |            |   |
| ELECTRICO  | 220/440                     | 2 Hp  | 3500 RPM                     |                 |            |   |
| <b>FRECUENCIA</b>  | <b>FASES</b>                | <b>T° MÁXIMA</b>                            | <b>FACTOR DE SERVICIO</b>    |                 |            |   |
| 60 Hz  | 3                           | 40 °C                                       | 1,15                         |                 |            |   |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA</b>   |                             |   |                              |                 |            |   |
| <b>TIPO DE BOMBA</b>   | <b>TIPO DE ACOPLAMIENTO</b> | <b>SÓLIDOS EN SUPENCIÓN</b>                 | <b>TIPO DE SELLO</b>         |                 |            |   |
| CENTRIFUGA   | MONOBLOQUE                  | 9 mm MAX.                                   | SELLO MECÁNICO 1-1/4 TIPO 21 |                 |            |   |
|  |                             | TEMPERATURA MAX. DEL FLUIDO                 |                              |                 |            |   |
|  |                             | 70 °C                                       |                              |                 |            |   |
| <b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO</b>  |                             |   |                              |                 |            |   |
| Equipo ubicado en la planta de tratamiento de agua potable, encargado del suministro de agua al tanque elevado para la distribución en toda la planta. |                             |   |                              |                 |            |   |
| <b>REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>  |                             |   |                              |                 |            |   |
| No existe reporte de mantenimiento   |                             |   |                              |                 |            |   |

### 7.6.1 Árbol lógico de decisiones electrobomba autocebante.

Figura 30 Árbol lógico de decisiones para fallas de encendido y pérdida de caudal. Fuente (el autor)





## 7.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Los beneficios que se adquieren al incorporar un mantenimiento programado dentro de una empresa se suelen ver a largo plazo y se deja ver en lugar de un beneficio, la entrada a un consumo excesivo de recursos monetarios. Pero si se observa con detenimiento al realizar y aplicar un buen programa de mantenimiento como vemos en la tabla 32, disminuye drásticamente el gasto en mantenimiento, tal vez, se pudiese decir que no solo se necesita un cambio de filtro, pero, aun así, si se realizaran 10 cambios de filtros del aceite hidráulico, no se incurriría en un gasto tan excesivo, como lo es cambiar un componente de una máquina.

Tabla 32 Análisis costo beneficio de mantenimiento. Fuente (el autor)

|  |                 |   |                |
|---|-----------------|---|----------------|
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EMCORINTO E.S.P                                     |                 |   |                |
| ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO  |                 |   |                |
| CMEM-01   |                 | 6/12/2020                                 |                |
| COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO  |                 | COSTO MANTENIMIENTO PROGRAMADO            |                |
| SISTEMA DE INYECCIÓN CAMIÓN COMPACTADOR   |                 |   |                |
| Inyectores CAT 3116*(6)   | 5100000         | Cambio de filtros                         | 96000          |
| Mano de obra  | 500000          | Lavado de tanque                          | 100000         |
| Alquiler de vehículo *2 días  | 800000          | Cambio de líneas de combustible           | 150000         |
|   |                 | Mano de obra (técnico)                    | 250000         |
|   |                 | <b>N/A (cambio en días no laborables)</b> | <b>0</b>       |
| <b>TOTAL</b>  | <b>6400000</b>  | <b>TOTAL</b>                              | <b>596000</b>  |
| SISTEMA HIDRAULICO BULLDOZER  |                 |   |                |
| Sellos de cilindros hidráulicos   | 300000          | Cambio de aceite hidráulico               | 1200000        |
| Bomba hidráulica  | 1000000         | Cambio de filtro hidráulico               | 150000         |
| Mano de obra  | 1000000         | Mano de obra (técnico)                    | 250000         |
| Perdidas por día  | 500000          | <b>N/A (cambio en días no laborables)</b> | <b>0</b>       |
| <b>TOTAL</b>  | <b>11800000</b> | <b>TOTAL</b>                              | <b>1600000</b> |

## **8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La intención de investigar los sucesos ocurridos en los equipos, por medio de árboles lógicos de decisiones deja ver el comportamiento de un equipo cuando este no es abordado desde la raíz del problema.

Es por esto que se hace conveniente analizar la falla y los posibles detonantes de esta, no con el fin de juzgar al personal involucrado, si no con el objetivo de evitar que las fallas presentadas no vuelvan a ocurrir y si es así, tener la posibilidad de que el tiempo que la maquina se encuentre detenida por causa de la falla sea mínimo. Esto se puede lograr realizando listados de las herramientas, equipos y repuestos necesarios, de manera que al momento en que se incurra nuevamente en una falla se pueda generar con acción inmediata o con la menor pérdida de tiempo el reingreso de la maquina a operación.

Es importante resaltar que, aunque todos los equipos adscritos a una empresa son importantes para la misma, no todos generan un riesgo, de manera que, el incurrir en averías pueda representar un colapso total del sistema. Por esta razón el profesional encargado de mantenimiento debe tener especial cuidado y pericia al momento de elegir los equipos con más riesgo para la empresa, generando el mínimo de perdidas tanto en mantenimiento como en producción.

Aunque a corto plazo las pequeñas y medianas empresas en Colombia vean el mantenimiento como un gasto, este campo debería tener especial prioridad. Dichas empresas no denotan las grandes ventajas en las que se incurre tener repuestos, herramientas y personal capacitado al momento de contar con un equipo defectuoso en sus instalaciones.

## **9. CONCLUSIONES**

Se realizó un análisis del estado actual del mantenimiento dentro de las instalaciones de la empresa Emcorinto, realizando un reconocimiento tanto de las maquinas, como del personal que labora y hace parte del equipo técnico y de mantenimiento.

Con el ánimo de obtener información precisa y exacta sobre cada una de las maquinas existentes en la empresa, se diseñaron formatos de listas de chequeos diarios, informes de averías y una hoja de vida con información que fuese de relevancia a la hora de realizar mantenimiento a los equipos. Los formatos mencionados se socializaron con el personal técnico y operativo de la empresa realizando capacitaciones e incorporando el concepto de mantenimiento dentro de la empresa.

Con la información recolectada por medio de los formatos implementados y con la ayuda de un análisis de criticidad se logró realizar una jerarquización de los equipos, enfocando los estudios e investigación a equipos que requerían especial atención dentro de la empresa.

Se realizó un plan de mantenimiento para los equipos que arrojaron estado de criticidad elevados, no solo centrado en el elemento que incurrió en la falla, si no, abarcando todo el sistema involucrado previniendo así posibles fallas en un futuro.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía municipal de Corinto. (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019 “Nuevas ideas para la Paz”* (Issue 008). <https://cpd.blob.core.windows.net/test1/19212planDesarrollo.pdf>
- Cabrera, R. (2018). Árbol de fallo como herramienta para la mejora de procesos . Estudio de caso cementera XPZ Tree of shortcomings like tool for the improvement of the. *Espacios*, 39, 12.
- Castro, J., & Edwin, C. (2019). Casos aplicados del análisis de causa raíz : revisión Cases. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 95–134. <https://core.ac.uk/reader/267949280>
- Cubillos, C. andres B. (2008). *implementación del metodo de árbol de fallas para la confiabilidad de subestaciones de alta tensión modelado en matlab*.
- Dirección Técnica Ambiental, C. (2007). *Balance oferta – demanda de agua superficial cuenca Río Pance. figura 1*, 1–12. [https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance\\_La\\_Paila\\_1.pdf](https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance_La_Paila_1.pdf)
- Erik Rolando. (2016). *Estudio del impacto logístico-técnico que genera el mantenimiento predictivo en las PYMES de Milagro, Ecuador*. 1(2), 7–15.
- Ferreira, D. R., & Vasilyev, E. (2015). Using logical decision trees to discover the cause of process delays from event logs. *Computers in Industry*, 70, 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.02.009>
- Flores, E. C., & Diaz, D. L. (2015). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fabrica minera*. Escuela politécnica nacional.
- Francisco Javier gonzáles Fernandez. (2005). *Mantenimiento Industrial Avanzado* (CONFEMETAL (ed.); 2nd ed.).
- Garrido, santiago garcia. (2003). *Organizacion y gestion integral del mantenimiento*.
- Gutiérrez, L. A. M. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control* (Luis Javier Buitrago D. (ed.); 1st ed.). Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- IDEAM. (2018). reporte avance del estudio nacional del agua. *Cartilla ENA 2018*, 56. <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/Cartilla+ENA+2018+W EB+actualizada.pdf/ba353c39-b15d-4a76-8ed4-3814c4c35239>
- José R. Aguilar, Rocío Torres Arcique, D. M. J. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 15–26.
- Knezevic, J. (1996). *MANTENIMIENTO* (isdefer (ed.); 4th ed.).
- MINIVNIENDA. (2018). *PLAN DIRECTOR AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO*.
- Montilla Montaña, C., Carvajal, G., & Rios Gaviria, A. (2008). Desarrollo de un software para mantenimiento preventivo, aplicable a los sectores de micro y pequeñas empresas colombianas. *Scientia et Technica*, 3(40), 89–94.
- Ortega Márquez, M., & Márquez Fernández, O. (2017). Percepción social del

- servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 23(23), 41.  
<https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2017.23.58515>
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos. Nota técnica 5: Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. *Ingeman*.  
[www.ingeman.net%5Cnwww.confabilidadoperacional.com](http://www.ingeman.net%5Cnwww.confabilidadoperacional.com)
- QUINTERO, C. A. R. (2019). Plan estrategico EMCORINTO 2016-2019. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 1, Issue 9).
- Rodrigo Pascual J. (2002). *MANUAL DEL INGENIERO DE MANTENIMIENTO* (7th ed.).
- Ruschel, E., Alves, E., Santos, P., Freitas, E. De, & Loures, R. (2017). Industrial maintenance decision-making: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 180–194.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.09.003>
- Tavares, L. A. (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento*.
- Tello, L. (2008). *El acceso al agua potable como derecho humano*.  
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Valdivieso, J. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa Extruplas S.A.* Universidad Politecnica Salesiana.

## 11. ANEXOS

Anexo A Informe técnico para Bomba suplente en bocatoma. Fuente (el autor)

| IDENTIFICACION DE LA SOLICITUD  |  |
|---|--|
| N°  | 01-2020  |
| SEOLICITADO POR   | EMCORINTO E.S.P.   |
| FECHA   | 03-11-2020   |
| CONCEPTO  | VIABILIDAD TECNICA PARA LA DADA DE BAJA O CONTINUIDAD DE LA BOMBA CENTRIFUGA SUPLENTE EN EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE ACOPLADA Y ALIMENTADA POR UN MOTOR MARCA LOVOL DE 130 HP. |
| PRESENTADO POR  | ORLANDO SANABRIA BOHORQUEZ   |
| SUPERVISOR  | YEIMER SOLARTE MOSQUERA  |
| ALCANCE DEL CONCEPTO  |  |
| <p>SE DA LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN ESTUDIO DE VIABILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA, CON EL FIN DE DETERMINAR SI ES O NO VIABLE LA DECISIÓN DE MANTENER LA COMPRA DE LA BOMBA CENTRIFUGA DISEÑADA POR LA INDUSTRIA IHM Y ALIMENTADA CON UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVA DIESEL QUE LE SUMINISTRA 130 HP, ESTA TURBO MÁQUINA FUE ADQUIRIDA POR EL MUNICIPIO DE CORINTO MEDIANTE EL ACUERDO DE COMPRAVENTA NUMERO 038 - 2018 .DEBIDO A LA NECESIDAD DE ALIMENTAR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA EL SUMINISTRO DEL RECURSO HÍDRICO POR CONCECUENCIA DE LA PERDIDA DE LA BOCATOMA QUE DIO LUGAR EN LA OLA INVERNAL QUE AZOTÓ GRAN PARTE DEL TERRITORIO NACIONAL EN EL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO 2017; DEJANDO SIN EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A MÁS DE 3500 VIVIENDAS QUE CONFORMAN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CORINTO. ACTUALMENTE DICHO EQUIPO SE ENCUENTRA SIN UNA TAREA A CARGO, LUEGO DE LA CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA BOCATOMA EN EL CAUCE DEL RIO LA PAILA PARA LA CAPTACIÓN DEL LÍQUIDO.</p>   |  |
| ANTECEDENTES  |  |
| <p>EL MES DE AGOSTO DEL AÑO 2018 SE HACE ADQUISICIÓN DE UNA BOMBA CENTRIFUGA ALIMENTADA CON UN MOTOR LOVOL DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVA EL CUAL LE SUMINISTRA UNA VELOCIDAD DE GIRO PROMEDIO DE 1800 RPM, DICHA BOMBA FUE ADQUIRIDA POR UN VALOR NETO COMERCIAL DE CINCUENTA Y SIETE MILLONES SETECIENTOS QUINCE MIL (57'715.000 COP) PESOS COLOMBIANOS.</p> <p>LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS REQUERIDOS POR ESTE EQUIPO, DAN CONSTANCIA DE 15 MESES, DESDE EL MOMENTO DE ADQUISICIÓN DEL BIEN HASTA EL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2019, FECHA EN QUE FUE ESTREGADA LA CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA BOCATOMA.</p> <p>EN ESTE LAPSO DE TIEMPO QUE SE MANTUVO LA OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA DENTRO DE LA EMPRESA, NO SE EVIDENCIÓ REPORTES POR AVERÍAS O NINGÚN TIPO DE MANTENIMIENTO.</p> <p>EL INFORME DADO DURANTE EL PERIODO DE TIEMPO EN EL CUAL SE EJECUTARON LABORES DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR MEDIO DE LA MOTOBOMBA SE DA A CONOCER UN ALTO CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR HORAS DE TRABAJO.</p> <p>NO SE PRESENTÓ RECALENTAMIENTO DEL MOTOR EN LAS EXTENSAS JORNADAS, TAMPOCO SE EVIDENCIO DAÑO DE JUNTAS MECANICAS EN NINGUNO DE LOS COMPONENTES, NI NOVEDADES QUE ALTERARAN EL PROCESO DE SUMINISTRO DE AGUA AL MUNICIPIO. DE IGUAL MANERA DURANTE LOS MESES QUE SE REALIZÓ LA OPERACIÓN DE BOMBEO CON AYUDA DE LA MOTOBOMBA, LA TAREA SE LOGRÓ REALIZAR CON TOTAL EFICIENCIA DANDO UN PARTE DE TRANQUILIDAD Y BIENESTAR PARA LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN CORINTEÑA.</p> |  |
| CARACTERISTICAS   |  |
| <p>Se especifica que el equipo fue diseñado, instalado y puesto en marcha, específicamente para suplir el suministro de agua potable desde el rio La Paila hacia las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable de EMCORINTO E.S.P. según, el estudio topográfico y demográfico del municipio de corinto, Cauca.</p>   |  |

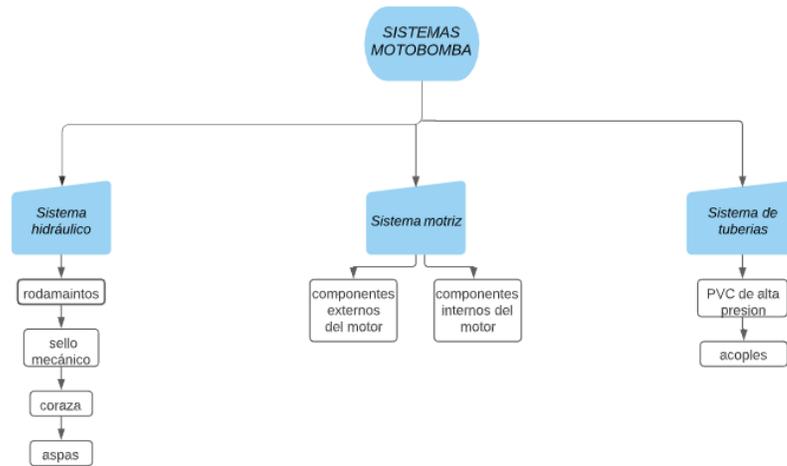


Fuente (autor)

En la conexión se utilizó tubería en PVC de alta presión, de 6 pulgadas de diámetro para la entrada del fluido y una salida de fluido a través de tubería de 8 pulgadas, empleando el sistema como un bombeo de caudal, con una capacidad neta de suministro de caudal de 80 L/min.

### TIPOS DE SISTEMAS

La estructura de diseño de la bomba, consta de tres sistemas fundamentales para el desarrollo pleno de su funcionamiento. En la figura 2 se muestra la estructura de este sistema.



Fuente (autor)

- **Sistema hidráulico** (bomba centrífuga)

Es una máquina hidráulica que trabaja con corrientes de fluidos, donde se absorbe energía mecánica y se trasmite esta energía al fluido en forma de presión y velocidad. Los componentes que se muestran a continuación no son el total de elementos de los que está compuesta una bomba centrífuga, en este documento solo se encuentran los más importantes y en los que más incurren en fallas las bombas centrífugas



Fuente (industria IHM)

- Rodamientos: Las bombas centrifugas constan de dos tipos de rodamientos para soportar las cargas que se dan en el manejo del fluido. Un rodamiento radial y un rodamiento axial.



Fuente (TEC-EIMECUM)

- Sello mecánico: Un sello mecánico es un dispositivo que permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos, conteniendo la presión, o no permitiendo el ingreso de contaminación.



Fuente (RHM innovación y servicio)

- Coraza o Carcaza: Es la parte exterior protectora de la bomba y cumple la función de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión



Fuente (RYS FORMINING)

- Aspas o impulsores: s el corazón de la bomba centrifuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba



Fuente (VENTA GENERADORES)

- **Sistema de tuberías:**

Los Tubo sistemas PVC de presión están diseñados para transportar agua para consumo humano a presión. Este material garantiza la conservación de la calidad del agua ya que ha sido verificado de acuerdo a la ANSI/NSF 61 sin exceder los valores máximos establecidos de aluminio, antimonio, cobre, arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio y plata.



Fuente (TUBALREP)

- **Sistema motriz**

El motor diésel es un equipo térmico de combustión interna alternativa, el cual logra su encendido por medio del calentamiento que se produce en las cámaras de combustión, en donde existe una mezcla ligera de aire y combustible producto de la presión ejercida por un pistón este sistema se encarga de la generación de potencia o trabajo y la transmisión de dicha potencia hacia la bomba se logra por medio poleas ejes de mando o embragues.

## 1006TG1A POWER PACK



Fuente (LOVOL LTDA)

El motor 1006TG1A de la compañía china LOVOL mostrado en la figura 9, permite generar 133 Hp, por medio de 6 cilindros dispuestos en línea realizando una capacidad de giro de 1800 Rev./min. Este motor diésel es un componente complejo el cual, para realizar sus funciones requiere de componentes internos y componentes externos de los cuales se desprenden diversas tareas que finalmente ejercen la ayuda para el buen desempeño del mismo.

El motor se compone elementos fijos (bloque, culata y Carter) y elementos móviles los cuales conforman una lista de piezas extensa.

- Componentes internos:

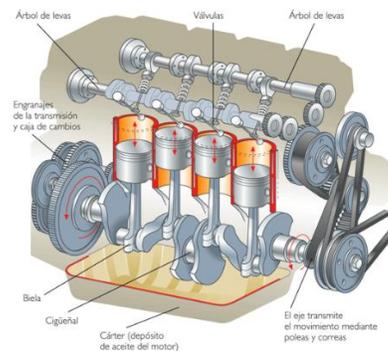
Un motor de combustión interna alternativa cuenta con una serie de componentes los cuales trabajan en conjunto, con la ayuda de poleas y cadenas que mantienen una sincronización adecuada de los tiempos con que se rige el movimiento cíclico rotativo del motor, que en este caso es de 4 tiempos.

**BLOQUE:** En el bloque están ubicados los cilindros con sus respectivas camisas, que son barrenos o cavidades practicadas en el mismo, por cuyo interior se desplazan los pistones. Estos últimos se consideran el corazón del motor. El bloque del motor debe poseer rigidez, poco peso y poca dimensión, de acuerdo con la potencia que desarrolle.

**JUNTA DE CULATA:** Constituida por una lámina de material de amianto o cualquier otro material flexible, que sea capaz de soportar sin deteriorarse las altas temperaturas que se alcanzan durante el funcionamiento del motor.

**CARTER:** Es el lugar donde se deposita el aceite lubricante que utiliza el motor. Una vez que la bomba de aceite distribuye el lubricante entre los diferentes mecanismos, el sobrante regresa al cárter por gravedad, permitiendo así que el ciclo de lubricación

continúe, sin interrupción, durante todo el tiempo que el motor se encuentre funcionando



Fuente (TECNOLOGÍA INDUSTRIAL)

Los componentes móviles de los cuales se compone el motor, como cilindros, árbol de levas, inyectores, cigüeñal, etc. tienen la función de generar la potencia entregada por el motor para ejercer un trabajo, en este caso la potencia necesaria para que la bomba centrífuga realice el trabajo de suministro de agua a la planta de tratamiento de agua potable.

- Componentes externos

A continuación, se muestra una lista de componentes los cuales, con una debida atención por parte del área de mantenimiento podrá garantizar una vida útil prolongada del equipo sin que esto conlleve a costos excesivos para la empresa.

- Radiador
- Bomba de agua
- Batería
- Filtro de aire
- Filtro ACPM
- Filtros de aceite
- Tanque de combustible

| <b>DESARROLLO DEL CONCEPTO</b>          |  |  |
|---|--|--|
| COMPONENTE                              | EVALUACION Y RECOMENDACIONES   |  |
| <b>BOMBA CENTRIFUGA</b>                 |  |  |
| RODAMIENTOS                             | Cabe resaltar que, para realizar un estudio adecuado de los rodamientos sin la necesidad de hacer una inspección visual dentro de la bomba, es necesario la realización de un análisis de vibraciones. Sin embargo en la inspección visual con la puesta en marcha de la maquina no se detectaron movimientos o vibraciones bruscas que indiquen un daño potencial o avería en estos componentes.  |  |
| SELLO MECANICO                          | No se detectó fugas que indiquen la ruptura o desgaste en los sellos de la bomba   |  |
| CORAZA                                  | Las fallas más comunes en las carcasas se dan por cavitación (existencia de partículas de aire dentro de la bomba) estas fallas se detectan realizando una inspección visual dentro del componente. Mas sin embargo teniendo en cuenta que la maquina cuenta con pocas horas de trabajo y no hay un desgaste prolongado se descarta la posibilidad de fallas dentro del elemento.  |  |
| IMPULSORES                              | Al igual que la coraza, este elemento requiere de una inspección visual dentro de la bomba.  |  |
| <b>SISTEMA DE TUBERIA</b>               |  |  |
| TUBERÍA PVC DE PRESIÓN                  | Es un sistema susceptible a desgaste por exposición a la luz solar, por lo cual se recomienda en tiempos de no uso de la maquina conservar en un lugar apropiado, más sin embargo para evitar incidentes en el momento de realizar nuevas labores de bombeo es recomendable el uso de una nueva instalación de tubería.  |  |
| <b>SISTEMA MOTRIZ</b>                   |  |  |
| COMPONENTES INTERNOS DEL MOTOR          | Durante la inspección visual y la puesta en marcha del equipo no se detectó ruidos extraños que comprometieran la integridad del motor, no existieron inconvenientes en post y pre encendido. Más sin embargo se hace necesario realizar pruebas de inspección de gases y análisis de aceite con el fin de determinar si existen riesgos biológicos que afecten el entorno ambiental en el que se encuentra en operación, existan fallas de compresión en la cámara de combustión o desgaste en las paredes internas de los elementos de la máquina. |  |
| SISTEMA DE REFRIGERACION Y ENFRIAMIENTO | En cuanto al sistema de refrigeración, no se detectó fugas en los ductos ni en el radiador, se realizó una inspección contante de la temperatura, la cual no presento cambios abruptos.<br>Dando a entender que no existe obstrucción del flujo de refrigeración dentro de los ductos. de igual manera se detectó un buen funcionamiento de las aspas de ventilación, dando una parte de tranquilidad en cuanto a posibles recalentamientos del motor.   |  |
| SISTEMA ELECTRICO                       | El sistema eléctrico no presenta desgaste ni discontinuidad o atrapamiento, en cuanto a la batería, se realizó una carga debido al tiempo prolongado en el que no hubo uso del sistema. Se recomienda encender el equipo constantemente, en este caso no será necesario cargar la batería ya que el mismo sistema se encarga del proceso.  |  |
| LINIAS Y FILTROS DE COMBUSTIBLE         | Se realizó inspección visual de los ductos del aceite combustible con el fin de no incurrir en fallos durante el encendido, por partículas no deseadas en los inyectores. no hubo existencia de fugas de combustibles en las líneas ni filtros. Al momento de requerir la puesta en marcha del equipo se recomienda realizar un lavado al tanque de combustible.   |  |
| FILTRO DE AIRE                          | Se realizó debida limpieza del filtro de aire teniendo en cuenta que no se encontraba desgaste que implique el cambio de dicho componente.   |  |
|   |  |  |
|   |  |  |

## RECOMENDACIONES GENERALES Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que en el pasado se dio la necesidad de incurrir en el préstamo de una motobomba y basados en que la necesidad del suministro de agua de agua potable para la población es un derecho fundamental para la vida, de igual manera con la seguridad de que el equipo está diseñado para suplir las necesidades de abastecimiento para toda la población del casco urbano de corinto. se llega a la determinación y recomendación de no realizar ninguna clase transacción del equipo. Aunque teniendo en cuenta que puede existir la posibilidad del alquiler de dicha maquina con el fin generar un ingreso para la empresa.

En la figura 11 se puede evidenciar un formato, el cual fue diseñado con el fin de realizar una inspección paso a paso de cada uno de los componentes externos que conforman el equipo, la fecha en que fue realizada dicha inspección y las posibles averías que pueda presentar la maquina durante una puesta en marcha, se recomienda el uso de este formato, ya que con una adecuada información de los antecedentes del equipo facilitará los diagnósticos de mantenimiento en un futuro.

| INSPECCIÓN AUTÓNOMA   |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA<br>FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO<br>FMES.001 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>NOMBRE EQUIPO</b>  | <b>CÓDIGO</b>  | <b>VERIFIQUE UNO A UNO LOS PASOS QUE SE ENUNCIAN, ANTES DE USAR EL EQUIPO.</b>             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| BOMBA MOTOR DIESEL  | BB762EPCBP1  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>LIMPIEZA E INSPECCION</b>  | <b>FECHA</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   | <b>EJECUTADO POR</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>N. ITEM</b>  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1   | Revisión de nivel y textura de aceite del motor  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2   | Revisar estado de la(s) correa(s) de distribución, alternador y compresor de aire acondici |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3   | Cerciórese de que no existan fugas de aceite de motor, liquido refrigerante, etc.          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4   | Comprobar funcionamiento de tacómetro, medidor de presión aceite                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6   | Revise filtros de aire y combustible (cambiar si es necesario)                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8   | Verifique que la base del motor y bomba se encuentran debidamente ajustadas                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9   | Verifique que los rodamientos tengan un ajuste prudente (engrasar si es necesario)         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>TIEMPO DE OPERACIÓN (h)</b>  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Fuente (autor)

Con la ayuda de un plan de mantenimiento diseñado e implantado dentro de la empresa EMCORITO E.S.P se espera mantener en condiciones óptimas el desempeño de la motobomba, proveyendo así confiabilidad a la comunidad corinteña en el caso de presentarse una eventualidad que conlleve al requerimiento de esta.

Para una mayor seguridad en cuanto al diagnóstico de la motobomba, se recomienda el uso de pruebas de inspección de gases y análisis de aceite, lo cual podrá dar un parte de seguridad en cuanto a la vida útil del equipo.

**SUPERVISOR** \_\_\_\_\_

elaboro: Orlando Sanabria Bohórquez







Anexo C Formato de informe de averías. Fuente (el autor)

### 1. Informe de avería hoja de resorte camión recolector.

| INFORME DE AVERIA   |   |   |
|---|---|---|
|  |   | INFORME N. INA. 001<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA |
| EQUIPO <i>Camión recolector.</i>  | MARCA <i>KODIAAK</i>  | FECHA <i>13/10/2020</i>   |
| OPERARIO <i>Javier Quintero</i>   | MODELO <i>2007</i>  | CODIGO <i>CRB11CT NAPI</i>  |
| Km ó HORAS DE TRABAJO   |   |   |
| LUGAR DE LA AVERIA: <i>monitro corinto.</i>                                       |   |   |
| HORA DE LA AVERIA: <i>11:30</i>   |   |   |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA                                      | PARADO <input type="checkbox"/><br>EN OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| DESCRIPCION AVERIA:<br><i>Hoja de Resorte trasero izquierdo partida.</i>          |   |   |
| CAUSA AVERIA:<br><i>Manejo Operario.</i>  |   |   |
| REPORTE N. <i>2</i>   | REPORTADO POR: <i>Javier Quintero</i>   |   |
| RECIBIDO EN FECHA: <i>13/10/2020</i>  |   |   |

## 2. Informe de avería sistema de carburación, cortadora de concreto.

| INFORME DE AVERIA  |                                  |   |
|--|----------------------------------|---|
|       |                                  | INFORME N. INA. 001<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA |
| EQUIPO: Cortadora de Concreto  | MARCA: CRIPPER                   | FECHA: :  |
| OPERARIO:  | MODELO: C13E                     | CODIGO: CP807EPCH P1  |
| Km ó HORAS DE TRABAJO:   |                                  |   |
| LUGAR DE LA AVERIA: municipio Corinto  |                                  |   |
| HORA DE LA AVERIA:   |                                  |   |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA   |                                  | PARADO<br>EN OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>            |
| DESCRIPCION AVERIA:<br>Daño del filtro de aire.<br>Obstrucción del carburador.         |                                  |   |
| CAUSA AVERIA:<br>tanque de agua roto.<br>Partículas del filtro entraron al carburador, |                                  |   |
| REPORTE N. ↓   | REPORTADO POR: Willinton Vasquez |   |
| RECIBIDO EN FECHA: 7/10/2020   |                                  |   |

### 3. Informe de avería sistema hidráulico buldózer.

| INFORME DE AVERIA   |                        |  |
|---|------------------------|--|
|    |                        | INFORME N. INA 001<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA |
| EQUIPO  | Buldozzer              | MARCA CATERPILLAR  |
| OPERARIO  | Huberte Muriel         | FECHA: 11/07/20  |
| Km ó HORAS DE TRABAJO   |                        | MODELO D4DD  |
| LUGAR DE LA AVERIA:   | Celda de contingencia. | CODIGO: BZ 810 CT NA P1  |
| HORA DE LA AVERIA:  | 9:50 AM                |  |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA  |                        | PARADO<br>EN OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>           |
| DESCRIPCION AVERIA:   |                        |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de Sello de gato izquierdo de la pala.</li> <li>- Revisión de bomba de mandos hidráulicos.</li> </ul> |                        |  |
| CAUSA AVERIA:   |                        |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de uso</li> </ul>   |                        |  |
| REPORTE N.  | 1                      | REPORTADO POR: Huberte Muriel.                                       |
| RECIBIDO EN FECHA:  | 10/07/20.              |  |

**4. Informa de avería inyección camión recolector.**

| INFORME DE AVERIA   |  |   |
|---|--|---|
|  |  | INFORME N INA 001<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA |
| EQUIPO  | Camión Recolector                                | MARCA KODIAK  |
| OPERARIO  | Javier Quintana                                  | FECHA   |
| Nº - HORAS DE TRABAJO   |  | MODELO  |
|   |  | 2007  |
|   |  | CODIGO  |
|   |  | CR811CTNAPI   |
| LLUGAR DE LA AVERIA   | Municipio Corinto                                |   |
| HORA DE LA AVERIA   | 9:50 AM  |   |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA                                      | PARADO   |   |
|   | EN OPERACION <input checked="" type="checkbox"/> |   |
| DESCRIPCION AVERIA  |  |   |
| - cambio de o-ring de inyectores  |  |   |
| CALISA AVERIA   |  |   |
| - posible desbalanceo   |  |   |
| REPORTE N   | 2  | REPORTADO POR   |
| RECIBIDO EN FECHA   | 13/11/20   | Javier Quintana   |

**5. Informe de avería sistema de tren de carril izquierdo bulldózer.**

| INFORME DE AVERIA  |  |
|--|--|
|   |  |
| INFORME N. INA. 001<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO<br>CORINTO-CAUCA  |  |
| EQUIPO: <u>Buldozera</u>   | MARCA CATERPILLAR                                |
| OPERARIO:  | FECHA <u>21/10/20</u>                            |
| Nº y HORAS DE TRABAJO:   | MODELO <u>D4DD</u> CODIGO <u>BZB10 CTNA P1</u>   |
| LUGAR DE LA AVERIA: <u>Celda Transitoria.</u>  |  |
| HORA DE LA AVERIA: <u>1:30 pm</u>  |  |
| ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA   | PARADO   |
|  | EN OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> |
| DESCRIPCION AVERIA:  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconstrucción y cambio de Sello, Rueda Libre.</li> <li>- Pistas de carriles superiores</li> <li>- cambio de carril inferior izquierda</li> </ul> |  |
| CAUSA AVERIA:  |  |
| <u>Desgaste por horas de trabajo.</u>  |  |
| REPORTE N. <u>2</u>  | REPORTADO POR: <u>Jhon Mejia</u>                 |
| RECIBIDO EN FECHA: <u>21/10/20.</u>  |  |

Anexo D Resultado de análisis de criticidad. Fuente (el autor)

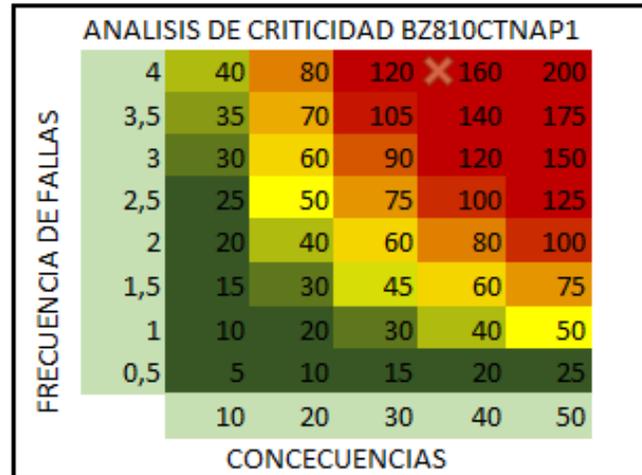
### 1. Resultado de análisis de criticidad, bulldózer.

|  |   |
|--|---|
| Frecuencia de fallas                     | 4 |
| Impacto operacional                      | 7 |
| Flexibilidad operacional                 | 4 |
| Costos de mantenimiento                  | 2 |
| Impacto en seguridad, ambiente e higiene | 8 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| CRITICIDAD TOTAL | 152 |
|------------------|-----|

|               |    |
|---------------|----|
| Consecuencias | 38 |
|---------------|----|

|                      |   |
|----------------------|---|
| Frecuencia de fallas | 4 |
|----------------------|---|



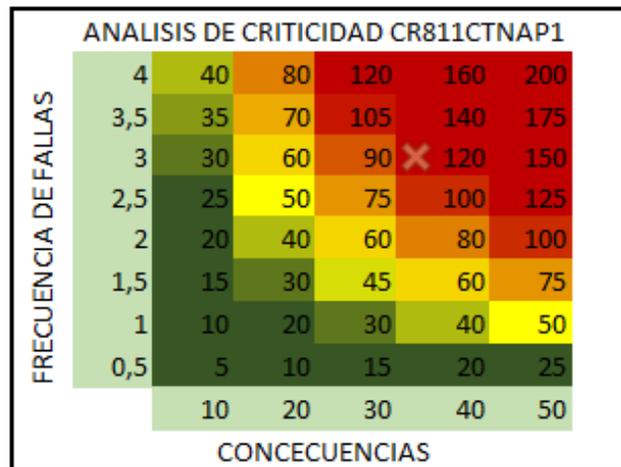
### 2. Resultados de análisis de criticidad, camión recolector.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Frecuencia de fallas     | 3 |
| Impacto operacional      | 7 |
| Flexibilidad operacional | 4 |
| Costos de mantenimiento  | 2 |
| Impacto en seguridad,    | 8 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| CRITICIDAD TOTAL | 114 |
|------------------|-----|

|               |    |
|---------------|----|
| Consecuencias | 38 |
|---------------|----|

|                      |   |
|----------------------|---|
| Frecuencia de fallas | 3 |
|----------------------|---|



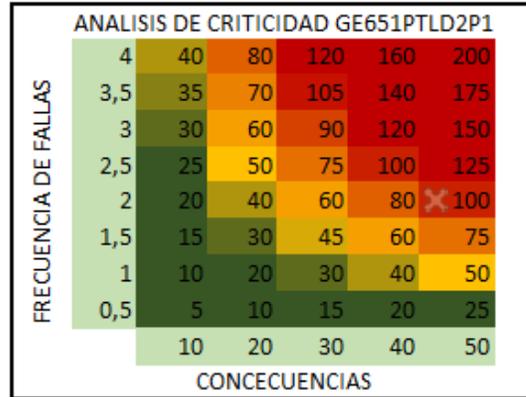
### 3. Resultados análisis de criticidad, generador eléctrico.

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Frecuencia de fallas     | 2  |
| Impacto operacional      | 10 |
| Flexibilidad operacional | 4  |
| Costos de mantenimiento  | 1  |
| Impacto en seguridad,    | 8  |

|                  |    |
|------------------|----|
| CRITICIDAD TOTAL | 98 |
|------------------|----|

|               |    |
|---------------|----|
| Consecuencias | 49 |
|---------------|----|

|                      |   |
|----------------------|---|
| Frecuencia de fallas | 2 |
|----------------------|---|



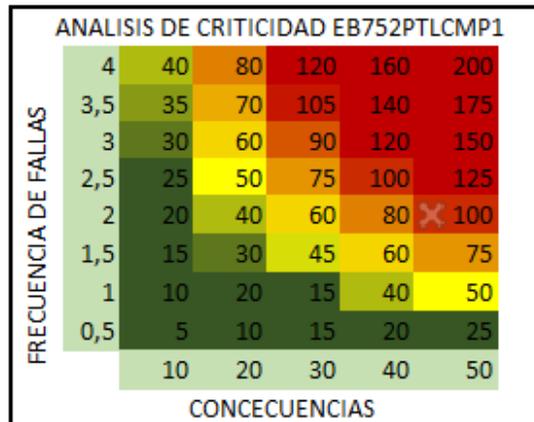
### 4. Resultados análisis de criticidad, electrobomba

|   |    |
|---|----|
| Frecuencia de fallas                        | 2  |
| Impacto operacional                         | 10 |
| Flexibilidad operacional                    | 4  |
| Costos de mantenimiento                     | 2  |
| Impacto en seguridad,<br>ambiente e higiene | 8  |

|                  |     |
|------------------|-----|
| CRITICIDAD TOTAL | 100 |
|------------------|-----|

|               |    |
|---------------|----|
| Consecuencias | 50 |
|---------------|----|

|                      |   |
|----------------------|---|
| Frecuencia de fallas | 2 |
|----------------------|---|



**Anexo E Reconstrucción de zapatas y mantenimiento de rodamientos en buldózer. Fuente (el autor)**

**Mantenimiento tren de carrilera**



**Mantenimiento de tren de carrilera**



**Desgaste de tren de carrileras**



Mantenimiento de cilindros hidráulicos



Sellos de rueda libre desgastados



Mantenimiento rueda libre



Reconstrucción de zapatas



Mantenimiento tren de carrilera



mantenimiento tren de carrilera



Anexo F Cambio juntas tóricas de inyectores del motor camión compactador. Fuente (el autor)

Mantenimiento inyectores



Mantenimiento sistema de inyección



Mantenimiento sistema de inyección



Desgaste

de

juntas

toricas



Repuestos para mantenimiento de inyectores



Mantenimiento sistema de inyección

