

2019

# PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO EN UNA PARCELA UBICADA EN MARBELLA

GOMEZ TAPIA, HERNAN ANTONIO

---

<https://hdl.handle.net/11673/48906>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO CRÍTICO DEL  
MANTENIMIENTO DE ÁREAS VERDES.**

Trabajo de Titulación para optar al título de  
Técnico Universitario en MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL.

Alumno:

Herman Antonio Gómez Tapia

Profesor Guía:

Ing. Alejandro Badilla Bello

**2019**



## **RESUMEN**

La implementación de un plan de mantenimiento resulta indispensable para alargar la vida útil de un activo, comprendiendo como éste opera. Identificando los subsistemas con los cuales está compuesto, se puede analizar y determinar posibles fallas y con esto procedimientos y recomendaciones para realizar un buen mantenimiento.

En el primer capítulo se indica características de la empresa, los servicios que esta presta a sus clientes, activos involucrados y la forma en que estos se involucran en la producción, con el fin de identificar activo(s) crítico(s).

El siguiente capítulo, se identifican tipos de mantenimientos que existen, y metodologías en cuanto a la gestión del mantenimiento, la cual en este capítulo se describe y utiliza el FMECA, para el análisis funcional del activo crítico.

Finalmente, en el tercer capítulo, con información entregada en los capítulos anteriores se entregan recomendaciones para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo, evaluación económica tanto de la situación actual de la empresa, como las proyectadas a 5 y 8 años, además de procedimientos para realizar las labores del plan de mantenimiento, y realizar acciones correctivas.

**KEYWORDS:** FMECA, Mantención áreas verdes, corta césped, mantenimiento preventivo.



## ÍNDICE

### RESUMEN

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos.....	3
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>5</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	7
1.1.1 MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA .....	7
1.1.2 Ubicación geográfica.....	7
1.2 Herramientas y activos utilizados .....	8
1.2.1 Herramientas manuales .....	9
1.2.2 Activos involucrados .....	10
1.3 Búsqueda del activo crítico.....	11
1.3.1 Diferenciación de activos .....	12
1.3.2 Como intervienen los activos en la producción.....	13
1.3.3 Consideraciones A Tomar .....	15
1.3.4 Analisis de criticidad según matriz cualitativa de riesgo .....	16
<b>CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR FALLAS DEL EQUIPO MEDIANTE ANÁLISIS CAUSALE</b>	<b>21</b>
2.1 Importancia del mantenimiento .....	23
2.2 Tipos de mantenimiento.....	23
2.3 Herramientas de gestión del mantenimiento.....	24
2.3.1 El análisis de modo, efecto y criticidad de fallas (FMECA).....	25

2.3.2 Diagrama FMECA .....	27
2.3.3 Aplicación del FMECA.....	29
2.4 Creación del análisis modo y efecto de fallas del activo critico .....	32
<b>CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ACTIVO CRÍRICO .....</b>	<b>39</b>
3.1 Necesidades para realizar un plan de mantenimiento .....	41
3.2 Objetivos a conseguir.....	41
3.3 Como realizar un plan de mantenimiento óptimo.....	42
3.4 Manual de operador .....	42
3.4.1 Recomendaciones del lubricante .....	43
3.4.2 Filtros.....	44
3.4.3 Canister o filtro de carbón activo .....	46
3.4.4 Mantenimiento de bujía.....	46
3.5 Plan de mantenimiento dispuesto por el fabricante .....	47
3.6 propuesta plan de mantenimiento para el activo critico .....	48
3.7 Acciones correctivas a la falla, con contratación de terceros .....	49
3.8 Acciones correctivas con personal de la empresa.....	50
3.9 Costos involucrados.....	50
3.9.1 Situación actual .....	50
3.9.2 Presupuesto necesario para el plan de mantenimiento .....	51
3.10 Costo total del plan de mantenimiento .....	53
3.10.1 Ganancia estimada.....	54
3.11 Procedimientos de actividades.....	55
3.12 Control de actividades .....	56
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>

ANEXOS.....	61
Anexo 1: Procedimiento para el plan de mantenimiento .....	63
Anexo 2: Procedimientos para acciones correctivas .....	74
Anexo 3: Ficha de actividades .....	78

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1 Ubicación geográfica, donde inicia jornada laboral .....	8
Figura 1-2 Activos involucrados .....	11
Figura 1-3 Diagrama de procesos del servicio de mantención de áreas verdes .....	14
Figura 1-4 Diagrama de procesos del servicio de poda de cercos vivos.....	15
Figura 1-5 Diagrama de proceso del servicio de Limpieza de sitios .....	15
Figura 1-6 Matriz de riesgo.....	17
Figura 2-1 Proceso RCM .....	26
Figura 2-2 Proceso FMECA .....	26
Figura 3-1 Componentes visibles del activo .....	43
Figura 3-2 Carta de viscosidad.....	44
Figura 3-3 Filtro de aire .....	45
Figura 3-4 Filtro de combustible.....	45
Figura 3-5 Cannister.....	46
Figura 3-6 Bujía de encendido .....	47
Figura 3-7 Calendario de mantenimiento (fabricante).....	48

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Grafico 1-1 Servicios realizados durante un mes promedio .....	16
----------------------------------------------------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Activos y herramientas utilizadas en cada servicio .....	13
Tabla 1-2 Jerarquización de activos .....	19
Tabla 2-1 Severidad .....	27
Tabla 2-2 Ocurrencia .....	28
Tabla 2-3 Detectabilidad .....	29
Tabla 2-4 Jerarquización del riesgo .....	29
Tabla 2-5 Diagrama de operación del activo .....	32
Tabla 2-6 Análisis FMECA .....	34
Tabla 3-1 Plan de mantenimiento preventivo del activo critico .....	49
Tabla 3-2 Costo total anual por activo .....	52
Tabla 3-3 Costo por componentes, se reemplazan a la falla a 2.5 años de vida .....	52
Tabla 3-4 Tiempo estimado por actividad de mantenimiento.....	54

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS**

### **SIGLAS**

OT: Ordenes de trabajo

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

FMEA: Failure Mode and Effect Analysis

MTBF: Mean Time Between Failures (tiempo medio entre fallas)

UF: Unidad de Fomento

### **SIMBOLOGÍAS**

l: Litro

Pul: Pulgadas

ml: mililitro



## **INTRODUCCIÓN**

Pasando los años el mantenimiento en las empresas se ha convertido indirectamente en parte de la producción de sus productos o servicios, ya que reduce considerablemente los costos tras reparaciones o renovación de activos, debido a la complejidad con que se producen, transformando la empresa en una más competitiva y eficiente

Este trabajo nace a raíz de una necesaria re-inversión de activos en una empresa de mantenimiento de áreas verdes, con el fin de aumentar la rentabilidad de la empresa, aumentando los tiempos de compra reiterada de activos, en otras palabras, alargando la vida útil del activo; y con siga ofrecer una mejor calidad de trabajo para los operadores.

Para esto el objetivo principal del trabajo a realizar consiste en proponer un plan de mantenimiento que mejor se acomode a las necesidades de la empresa, para ser llevado a cabo, existen diversas metodologías que facilitan una mejor conceptualización del activo, sistema, servicios, productos, plantas, etc. que son parte de una empresa, describirlos de forma clara ayudan en gran medida para una correcta toma de decisiones.

Una correcta toma de decisiones para la confección de planes de mantenimiento resulta necesario, una evaluación de las condiciones y características, de cómo trabaja u opera un activo o un sistema. La forma correcta para la toma de decisiones en la elaboración de planes de mantenimiento, es la búsqueda de fallas mediante análisis causales, el cual informa sobre fallas que pueden ocurrir o han ocurrido con anterioridad, a su vez las causas probables de que estas ocurran.

Teniendo en cuantas tales fallas se decide qué tipo de mantenimiento se ha de realizar en el activo o sistema, a su vez el costo económico que este conlleva para poder inferir si resulta factible la implementación de éste.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer plan de mantenimiento a equipo(s) crítico de mantención de áreas verdes mediante herramientas de gestión de mantenimiento para aumentar su vida útil.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir procesos productivos de la empresa mediante diagrama de proceso para encontrar activo crítico.
- Identificar fallas del equipo mediante análisis causales para optimizar tareas de mantenimiento.
- Proponer tareas de mantenimiento mediante pautas de trabajo



## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA**



## **1. DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Empresa Marco Tapia es una empresa con giro de actividades en “Mantenimiento de Áreas Verdes” en la cual se realizan diversas actividades con el fin de mantener un orden y/o aseo de diversos recintos tanto particulares como privados.

Cuenta con diversos equipamiento y gente multifuncional especializada para realizar las diversas actividades encomendadas. Organizados en cuadrillas de 2 o 3 trabajadores, sus actividades van desde un simple corte de césped programado en un domicilio de alguna población, hasta grandes limpiezas de sitios ya sea de privados o particulares.

#### **1.1.1 MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA**

Misión: “Ser una empresa líder en servicio de mantenimiento de áreas verdes con trabajadores responsables y calificados en función de los requerimientos de la empresa.” (Marco, 2014)”

Visión: “Ser la empresa de mantenimiento de áreas verdes más reconocida en la provincia de Quillota, con un alto índice de satisfacción por parte de nuestros clientes.” (Marco, 2014)

#### **1.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El dueño de la empresa es el encargado de planificar y dar las O.T. para que los equipos de trabajo puedan realizar sus labores diariamente.

Cada trabajador llega al inicio de la jornada de trabajo, al lugar donde permuta el dueño, el cual, usa su hogar como lugar para guardar herramientas y activos involucrados en el sistema productivo, ubicado en La Cruz, pasaje Colonia Italiana, N°39, Región de Valparaíso.



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura 1-1 Ubicación geográfica, donde inicia jornada laboral

Es aquí desde donde las cuadrillas de trabajo van al lugar de destino para desarrollar sus labores, satisfaciendo a clientes de comuna como: Nogales, Hijuelas, La Calera, La Cruz y Quillota. Ver Figura 1-1

## 1.2 HERRAMIENTAS Y ACTIVOS UTILIZADOS

Se puede dividir el sistema productivo la empresa en 3 grupo en los cuales, las cuadrillas de trabajo, se les hace entrega de equipamiento necesario para la función a desempeñar, evitando llevar a terreno herramientas y/o activos innecesarios para la tarea a realizar. Tales grupos son:

- Mantenión de áreas verdes (jardinería).
- Limpieza de sitios (pastizales).
- Poda de cierres perimetrales vivos

Para tales servicios que la empresa brinda a sus clientes se necesita diversas herramientas y activos. Estos son:

### 1.2.1 HERRAMIENTAS MANUALES

Raspa: Utilizada para limpiar hierbas indeseadas en grandes extensiones de tierra.

Espátula: Utilizada para limpiar hierbas alrededor de plantas delicadas y/o en donde es imposible el uso de raspa.

Rastrillo: Utilizado para remover piedras y terrones en la creación de nuevos jardines.

Barredor: Utilizado para barrer hojas y césped cortado.

Escoba: Utilizada para barrer una vez terminado los trabajos previos.

Pala (plastia): Utilizado junto con la escoba, a fin de mejorar la limpieza

Pala(levantar): Pala metálica, para dar forma en las ubicaciones de plantas, a fin de acumular agua.

Chuzo: Barra metálica, con una punta redondeada y la otra plana usado para hacer hoyos en tierra dura

Tijeras de podar: Utilizado para dar forma en las ubicaciones de plantas, y podar cuando no se cuenta con un equipo de corta sesto.

Tijera de mano: Usada en labores de poda por su mecanismo de palanca en ramas en la cual las tijeras de podar son incapaces y/o cuando se requiere una poda más delicada.

Tijeron: Con un mecanismo de palanca mucho mayor que las tijeras, cortan gruesas ramas.

Baldes 20 L.: Ayuda en la recolección de basura al barrer y limpieza de maleza principalmente.

Bidones 10 L.: Transporta combustibles para los activos (bidón de bencina pura y mezcla de bencina y aceite para motor de 2 tiempos).

Fumigadora Manual: Máquina de espalda con bomba manual utilizada para desinfectar y proteger plantas.

Llave bujía: Herramienta para la extracción de bujías, equipada con un extremo en llave estrella, especial para la extracción de filtro en destrozadoras.

Horqueta: Herramienta utilizada principalmente en la limpieza de sitios debido a su gran capacidad para mover grandes volúmenes de malezas cortadas

Tirador: herramienta artesanal usada para sacar la basura del vehículo

Sacos y ponchas: elemento para la eliminación de basura.

### 1.2.2 ACTIVOS INVOLUCRADOS

Los activos involucrados en las tareas a desarrollar son adquiridos con motores a combustión interna, los cuales se encuentran: motores de 2 y de 4 tiempos. Estos debido a su autonomía en relación a las distancias de trabajo en las que son desarrolladas que, a diferencia de activos eléctricos, no dependen de extensiones de corriente eléctrica para su funcionamiento.

Estos activos realizan tareas fundamentales en el desarrollo de la productividad en las tareas destinados por la empresa, los cuales son:

1. Destrozadora: Equipado con motor de 2 tiempos, un mango con un acelerador (el cual es accionado por el operador), un aspa y al final un cabezal rotativo e intercambiable para el uso de cuchillas de acero o nylon, es utilizada en la limpieza de sitios con basto volumen de maleza o en el corte de césped en los lugares donde las podadoras no alcanzan.

2. Orilladora: Con un motor de 2 tiempos, pero más pequeño que la destrozadora y mucho más ligera, cuenta con un acelerador en el aspa que conecta al motor con el cabezal, únicamente se utiliza con un cabezal con nilón fino, y se ocupa principalmente en dar forma a las ubicaciones de las plantas sustituyendo a las tijeras de podar, cuando sea posible, o a la destrozadora en el corte de césped.

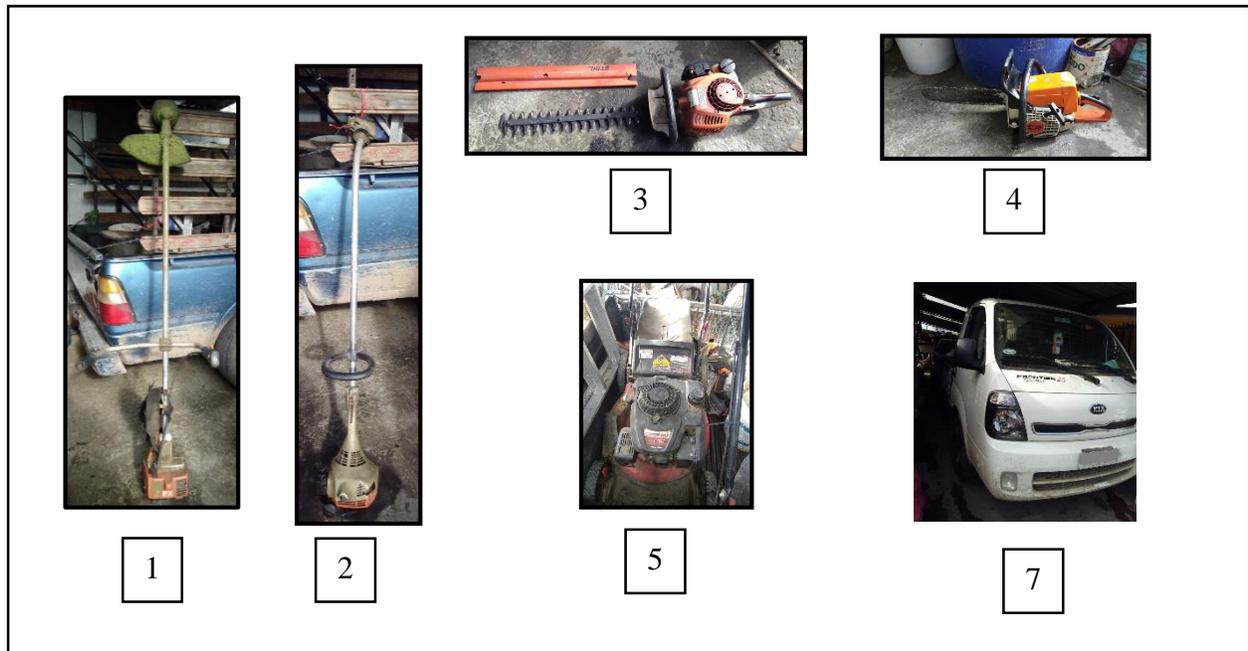
3. Cortasesto: Con pequeño motor de 2 tiempos, es utilizado en cierres perimetrales, en la poda de cercos vivos de arbustos.

4. Motosierra: Con motor de 2 tiempos, y equipado con una espada en la cual circula una cadena con pequeños filos en la frontera de esta, es utilizada en el corte de gruesas ramas y troncos en acciones de poda o limpieza de sitios.

5. Podadora tracción manual: Equipado con motor de 4 tiempos, el cual va sujeto a una carcasa y es el responsable de hacer girar una cuchilla de doble filo, montado sobre 4 ruedas; el activo tiene la particularidad de poder elevar el conjunto motor carcasa a distintas alturas desde el nivel del suelo, su función principal es cortar el césped y depositarlo en un recipiente integrado (capacho) o dejando una línea de césped cortado. Es propulsada por el mismo operador.

6. Podadora autopropulsada: Se diferencia de la podadora por tracción manual debido a un mecanismo de transmisión por correa, con el cual hace girar las ruedas delanteras y/o traseras según el modelo del activo.

7. Camionetas: Vehículo de transporte para el uso de personas, herramientas y desperdicios propios producidos en las actividades a realizar.



Fuente: Elaboración propia con datos de activos involucrados (14-04-2019)

Figura 1-2 Activos involucrados

### 1.3 BÚSQUEDA DEL ACTIVO CRITICO

Como no todos los equipos tienen el mismo impacto para producción, y la inversión monetaria para realizar un correcto mantenimiento a todos los activos de una empresa es limitado, los dineros en su mayoría se han de destinar a aquellos activos con mayor impacto en la producción.

Un correcto análisis de los activos involucrados determinara el tipo de mantenimiento que más acomode a cada activo evitando el sobre mantenimiento y la inversión de dineros innecesarios.

### 1.3.1 DIFERENCIACIÓN DE ACTIVOS

Dependiendo del impacto que los activos tengan por lo general para la producción, estos se pueden diferenciar o estructurar en 3 grandes grupos, ya sea, activos críticos, importantes o prescindibles.

Para estos los activos son puestos en diversas categorías, según su impacto para producción:

Activos críticos: Aquellos equipos que su parada o mal funcionamiento afecta significativamente a la producción.

Activos importantes: Aquellos equipos que su parada o mal funcionamiento, cuyas consecuencias por averías son asumibles.

Activos prescindibles: Aquellos equipos que su parada o mal funcionamiento no tiene gran importancia para los fines deseados de producción.

Además, empresas agregan otra categoría lo cual diferencia de “*activos críticos*”, y “*activos altamente crítico*”.

Así mismo ha de utilizar criterios para clasificar cada uno de los activos en las categorías anteriores, considerando el impacto que una anomalía tiene para: producción, calidad, mantenimiento y seguridad:

-Producción: Se valoriza la influencia que tiene una anomalía dependiendo de cómo afecta un posible fallo, si es que se ha de asumir una parada total de la producción, una parada parcial, o que la paralización del activo tenga pérdidas de producción asumibles.

-Calidad: Los activos pueden influir directa o indirectamente en la calidad del servicio o producto final, siendo claves para producción y/o entregando un alto porcentaje de rechazo.

-Mantenimiento: Estos se analizan dependiendo del coste monetario que una o más fallas impactan en la reparación del activo obteniendo con esto un alto o bajo coste de mantenimiento.

-Seguridad y medio ambiente: Una anomalía en un activo puede suponer daños graves para las personas o medio ambiente, como también, las probabilidades de que esto ocurra puede ser bajas o que el activo no tenga ninguna influencia en seguridad.

### 1.3.2 COMO INTERVIENEN LOS ACTIVOS EN LA PRODUCCIÓN

Para identificar los activos que se ven involucrados en el día a día de las operaciones a realizar por parte de la empresa, cabe señalar que los servicios que la empresa ofrece corresponde en su mayoría a la mantención de áreas verdes. Para esto como ya se ha mencionado, los trabajadores llegan al recinto donde reside el dueño de la empresa en la cual un vehículo es equipados dependiendo de las actividades desarrollar con:

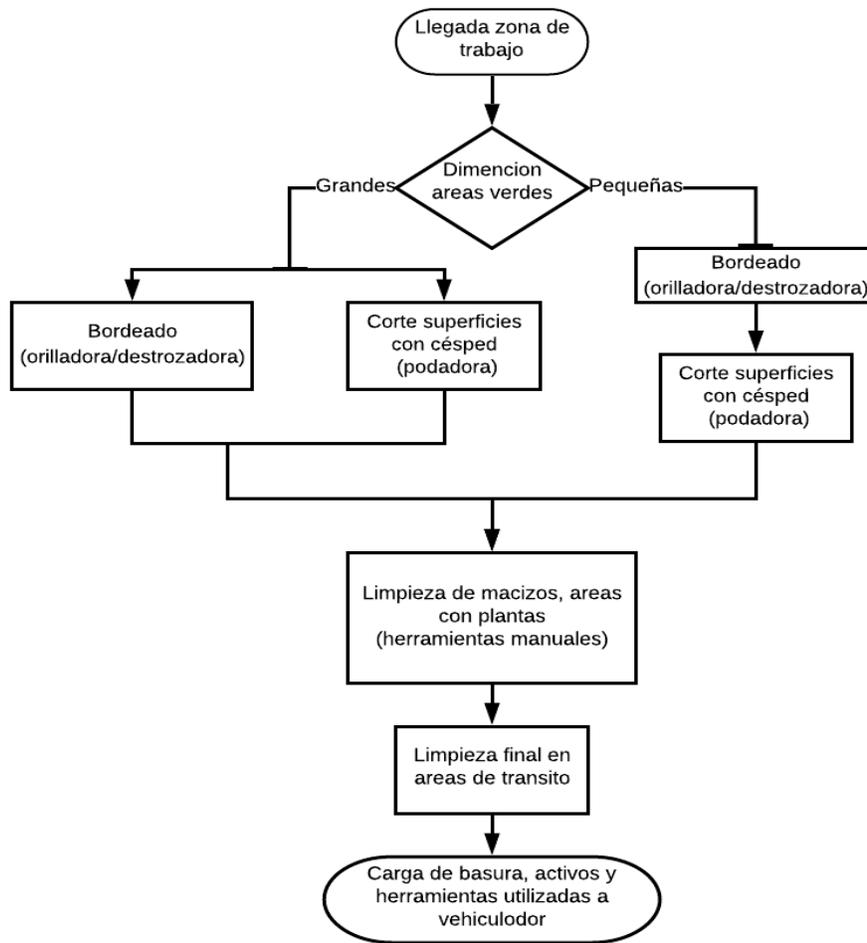
Tabla 1-1 Activos y herramientas utilizadas en cada servicio

Mantención de áreas verdes	
Activos	Herramientas
1 o 2 Podadora 1 orilladora 1 destrozadora  En caso de ser necesario también se emplea: 1 cortasesto 1motosierr	Palas (levantar y plástica) Escoba Raspas y espátula Barredor/rastrillo Sacos Balde de 20 L Bidones con combustibles
Limpieza de sitios (pastizales).	
Activos	Herramientas
1 o 2 Destrozadoras  En caso de ser necesario: 1Cortacesto 1motosierra	Sacos y ponchas Horqueta y tirador Bidón con combustible Barredor/rastrillo
Poda de cierres perimetrales vivos	
Activos	Herramientas
1 o 2 Cortacesto En caso de ser necesario: Motosierra	Barredor/rastrillo Escoba Pala plástica horqueta y tirador

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por la empresa (14-04-2019)

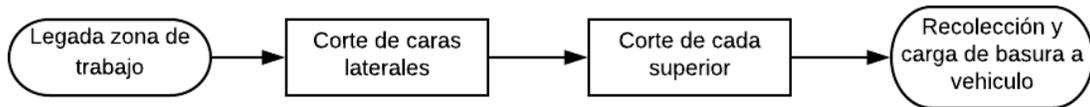
### 1.3.2.1 DIAGRAMAS DE PRODUCCIÓN

Para una mejor visualización de la cadena de producción de los servicios de mantenimiento de áreas verdes, poda de cercos vivos y limpieza de sitios, estos son reflejados en diagramas de flujos respectivamente:



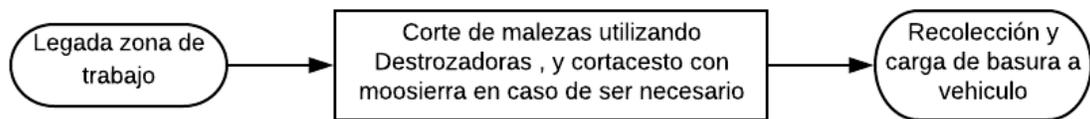
Fuente: Elaboración propia Con datos entregados por la empresa (15 -05-2019)

Figura 1-3 Diagrama de procesos del servicio de mantenimiento de áreas verdes



Fuente: Elaboración propia Con datos entregados por la empresa (15 -05-2019)

Figura 1-4 Diagrama de procesos del servicio de poda de cercos vivos



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa (15-05-2019)

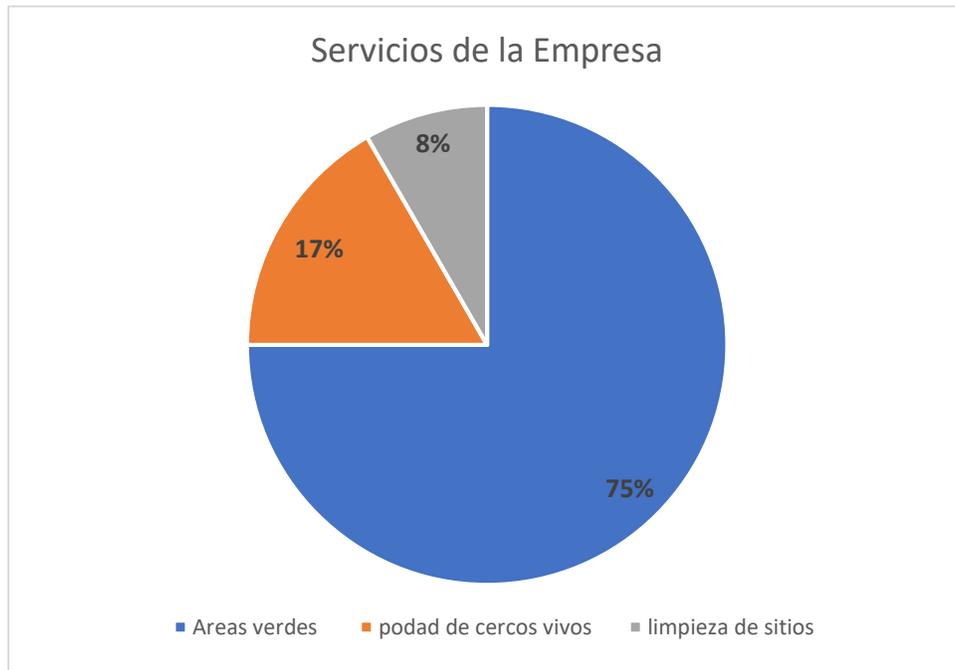
Figura 1-5 Diagrama de proceso del servicio de Limpieza de sitios

### 1.3.3 Consideraciones A Tomar

Para poder seleccionar el o los activos críticos que se han de establecer para un correcto plan de mantenimiento, se han de tomar criterios técnicos, basados en una evaluación eventual de los procesos descritos en los diagramas ya mencionados.

Así mismo con un estudio de los servicios que brinda la empresa, basado en la cantidad de días u horas de trabajo (gráfico 1-1) ayuda a determinar el o los activos que presentan mayor uso y consigo mayor desgaste, los cuales puede inferir una falla productiva o de calidad en los servicios brindados.

Además, la información proporcionada por los mismos operadores de cada activo es crucial para determinar posibles anomalías considerando su experiencia en el uso de éstos.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa (01-06-2019)

Grafico 1-1 Servicios realizados durante un mes promedio

#### 1.3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD SEGÚN MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO

El análisis de criticidad mediante matriz de riesgo (Figura 1-6), es una metodología utilizada para priorizar o jerarquizar sistemas, sub sistemas o en este caso activos, con el fin de priorizar los recursos dispuesto para el mantenimiento.

Esta técnica se caracteriza por su fácil comprensión y aplicación, involucrando magnitudes como frecuencia y consecuencia, registrada en una matriz de colores que representa el nivel de criticidad del ítem analizado.

En su aplicación se crea un listado de ítems a analizar dando como resultado un nivel cuantitativo de riesgo, y jerarquización en cuanto a la criticidad de los ítems intervenidos, esto debido a un estudio que involucra criterios de evaluación, los cuales son:

- Frecuencia de falla (FF): Es la cantidad de fallas que posee un equipo durante un periodo de tiempo determinado (generalmente anual)

- Impacto Operacional (IO): Es la capacidad de pérdida de producción que es afectada tras ocurrir una falla, relacionado con la continuidad operación de una planta o servicios a entregar.
- Flexibilidad Operacional (FO): Relacionado con las reparaciones tras una falla (combina las actividades de logísticas y reparación), y la capacidad de ser intervenida.
- Costo de mantenimiento: Costo económico asociado al mantenimiento, reparaciones imprevistas y operación de los activos.
- Impacto en seguridad, higiene y ambiente: Consiste en el daño que una falla del sistema, sub sistema o activo impacta en la salud de las personas y/o medioambiente.

En cuanto al riesgo éste es definido mediante la siguiente formula:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} * \text{Concecuencia}$$

Dónde: Frecuencia = Cantidad de fallos en un tiempo determinado.

$$\text{Consecuencia} = (\text{IO} * \text{FO}) + \text{CM} + \text{Impacto SHA}$$

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

NC = No critico  
 Mc = Medianamente Critico  
 C = Critico

Fuente: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos

Figura 1-6 Matriz de riesgo

En tanto los criterios de evaluación están descritos en la siguiente tabla:

Tabla 1-2 Criterios de evaluación

<b>Frecuencia de fallas (FF)</b>		<b>Costos de Mantenimiento (CO)</b>	
Mayor a 4 fallos/año	4	Mayor o igual a \$20.000	2
2-4 fallos/año	3	Menor que \$20.000	1
1-2 fallos/año	2	<b>Impacto en SHA</b>	
Menos de 1 fallos/año	1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
<b>Impacto operacional (IO)</b>		Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Parada inmediata del servicio (planta)	10	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Parada de la unidad asistencial (proceso)	6	Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio	2
Impacto en niveles de producción o calidad	4	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Repercute en costos operacionales asociadas a la indisponibilidad	2	No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o al ambiente	0
no genera ningún efecto significativo sobre producción	1		
<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>			
No existe unidad de reserva, tiempo de reparación excesivo	4		
Se cuenta con equipo de reserva, que cubre de forma parcial el impacto en producción	2		
Unidad de reserva en línea, tiempo de reparación pequeños	1		

Fuente: Elaboración obtenida de datos entregado en casa de estudios (10-06-2019)

#### 1.3.4.1 JERARQUIZACIÓN DE ACTIVOS INVOLUCRADOS

Una vez definidos los criterios de evaluación estos son tabulados (Tabla 1-2) consecuentemente por medio de historiales de fallas, pero tras no constar con esta información los

datos son ingresado mediante información entregada por operadores y expertos que trabajan con estos activos.

Tabla 1-3 Jerarquización de activos

Sub sistema (activos)	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costos de mant.	Impacto SHA	Concecuencia	Total (Riesgo)	Jerarquizacion
Podadora	3	8	4	2	2	36	108	Critico
Destrozadora	2	4	2	2	2	12	24	Semi-Critico
Orilladora	1	2	2	1	2	7	7	No critico
Motosierra	1	3	4	1	2	15	15	No critico
Corta cestos	2	2	4	1	0	9	18	No critico

Fuente: Elaboración propia con datos entregados por la empresa (8-06-2019)

#### 1.3.4.2 ANÁLISIS FINAL

En resumen la jerarquización de riesgo (Tabla 1-3) entrega como resultado a la podadora como activo critico debido a su alta frecuencia de fallas, y elevado impacto en cuanto a su consecuencia, además evaluando el diagrama de producción (figura 1-3, mantención de áreas verdes) en el cual este activo es evaluado una falla total o parcial de éste significaría la paralización de sistema de producción y visualizando el grafico 1-1 el servicio de mantención de áreas verde en la cual la podadora es utilizada implica el principal servicio que la empresa cuenta a sus clientes con un 75% promedio respecto a los otros.

En cuanto a la destrozadora a pesar de que una falla puede detener los servicios de mantención de áreas verdes y limpieza de sitios, esta puede ser reemplaza por una orilladora, implicando solo un tiempo mayor en la entrega del servicio

En cuanto a los activos: orilladora, motosierra y corta cestos, estos no tienen un mayor uso y consigun un desgaste mucho menor a cuanto a la podadora y destrozadora.

Finalmente, por información entregada por quien comercializa estos activos indican que tanto la destrozadora, orilladora, motosierra y corta cesto, son máquinas con motores de 2 tiempos los cuales tienen alta confiabilidad y baja mantenibilidad.

No obstante, el activo podadora es aquel que más veces llega a la casa comercial por diversas averías. Además, los vehículos de transportes (camionetas) no son tomados en cuenta

debido a que cuando uno de éstos falla el dueño de la empresa cuenta con vehículos propios los cuales disponen en caso de uno falle, de lo contrario solo implicaría un cambio en la logística para la entrega de los servicios a los clientes.

**CAPÍTULO 2: IDENTIFICAR FALLAS DEL EQUIPO MEDIANTE ANÁLISIS CAUSALES**



## 2. IDENTIFICAR FALLAS DEL EQUIPO MEDIANTE ANÁLISIS CAUSALES

### 2.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Desde la década de los 60 la intervención del mantenimiento como tal ha sido modificado significativamente llevando a cabo planes de mantenimiento, modelos óptimos, uso de herramientas de gestión, diversos tipos de análisis, etc., para disminuir riesgos y costos que una falla a de ocasionar.

### 2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Se han implementado estrategias de mantenimiento que, analizando el proceso productivo de una planta, áreas de trabajos o activo específico se puede determinar considerando la severidad de estos e implementación a utilizar, para con ello elegir la estrategia a convenir para todos los activos de una planta o empresa, debido a que no todos los activos han de necesitar la misma estrategia, estas se definen tanto por criticidad y costo económico que conllevan.

Definiciones resumidas de estas son:

Mantenimiento correctivo: Es el tipo de mantenimiento que se utiliza cuando una falla del activo no tiene mayores impactos, ya sean seguridad, ambiental, calidad, producción o gastos en mantención, en los cuales los activos son intervenidos una vez ocurrida la falla, esto no quiere decir que no sean monitoreados o diagnosticados sus síntomas.

Mantenimiento preventivo: Es el mantenimiento más seguro y a la vez el más costoso en temas de repuestos debido a que los activos son intervenidos de forma preventiva antes de alcanzar un grado de falla, es imprescindible hacer un análisis para evitar el sobre mantenimiento.

Mantenimiento Predictivo: Es aquel que tiene mayor inversión monetaria, tanto para hora hombre de trabajo como de instrumentación necesaria para ser realizado, en este se analiza las

condiciones tanto de operación como de condición del activo, para con ello lograr la mayor vida útil posible del activo, evitando el sobre mantenimiento, y sobre todo fallas inesperadas.

Mantenimiento Proactivo: Este consiste particularmente en analizar e identificar La causa que origina las fallas en el activo o sistema, este tipo de mantenimiento busca la causa que origina los problemas.

### **2.3 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Un correcto análisis de riesgo permite identificar aquellas causas y efectos que una falla o anomalía impacta en un sistema productivo, identificando estos escenarios es posible realizar planes de mantenimiento acorde a las necesidades deseas. Sea cual sea el análisis a desempeñar, su función es responder a las siguientes interrogantes: ¿Qué ha de salir mal o fallar?, ¿Cómo puede suceder?, ¿Qué efecto o consecuencias ha de tener?, comprendiendo y examinando las respuestas de estas preguntas, es posible entender los riesgos, para llevar a cabo acciones de control y prevención.

Existen diversas herramientas de gestión del mantenimiento que ayudan a anticiparse a una falla, entregando un mejor entendimiento de los riesgos que estas conllevan al sistema productivo de una empresa. Como, por ejemplo:

Análisis de modos y efectos de falla (FMEA)

Análisis de modos, efectos y criticidad de falla (FMECA)

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Análisis causa raíz (ACR)

Mantenimiento productivo total (TPM)

Análisis del costo de ciclo de vida (LCC)

Etc.

Dependiendo de las necesidades que se requieren y de los resultados esperados es la herramienta o técnica a utilizar.

Dentro de las mencionadas el análisis FMECA normalmente se emplea en planes de mantenimiento, ya que permite obtener un entendimiento global del sistema, su funcionamiento, diversas formas en que estos pueden fallar, además de la causa probable de tal falla y entregando un valor numérico de severidad.

### 2.3.1 EL ANÁLISIS DE MODO, EFECTO Y CRITICIDAD DE FALLAS (FMECA)

Para una correcta aplicación de la metodología del FMECA es necesario comprender las actividades necesarias para su aplicación:

Definición de la intención de diseño.

Análisis funcional.

Identificación de los modos de falla.

Severidad.

Efectos y consecuencias de la falla.

Ocurrencia.

Detección.

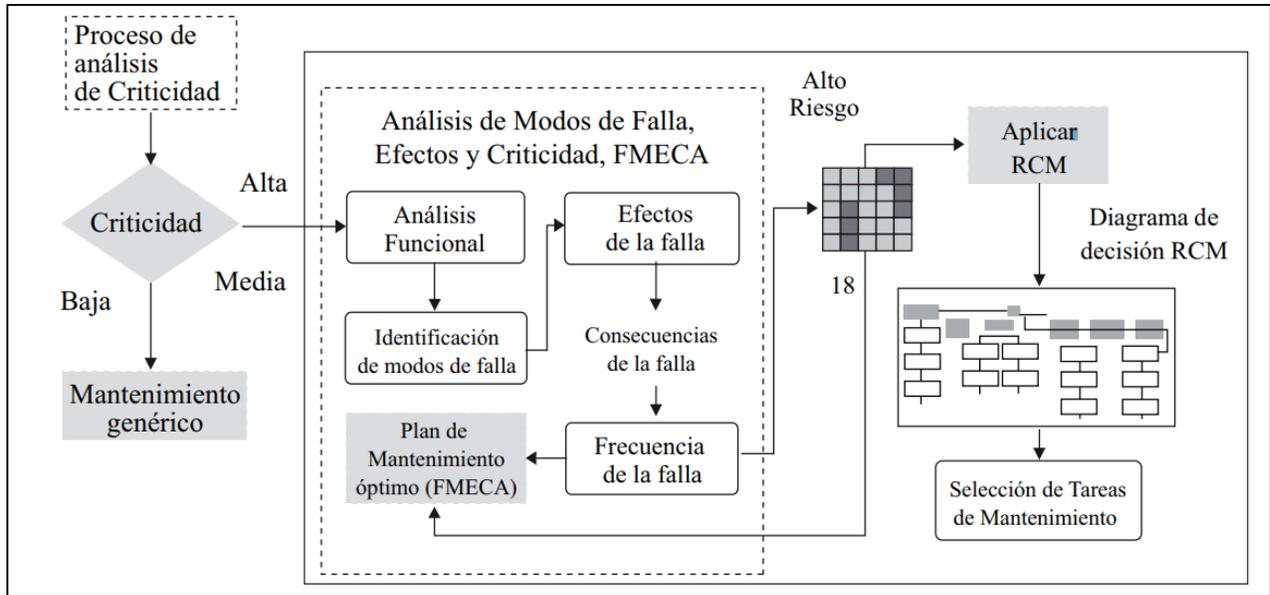
Jerarquización del riesgo.

Este análisis se utiliza en la implementación del RCM, metodología de referencia respecto a lo establecido según norma SAE JA-1011/1012 “Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes / A guide to Reliability-Centered Maintenance”. (RCM), (Ver figura 2-1 Proceso RCM), la cual no es objetivo de este artículo.

Es desde este proceso del cual se desprende el análisis FMECA el cual es una extensión del análisis FMEA (Ver figura 2-2)

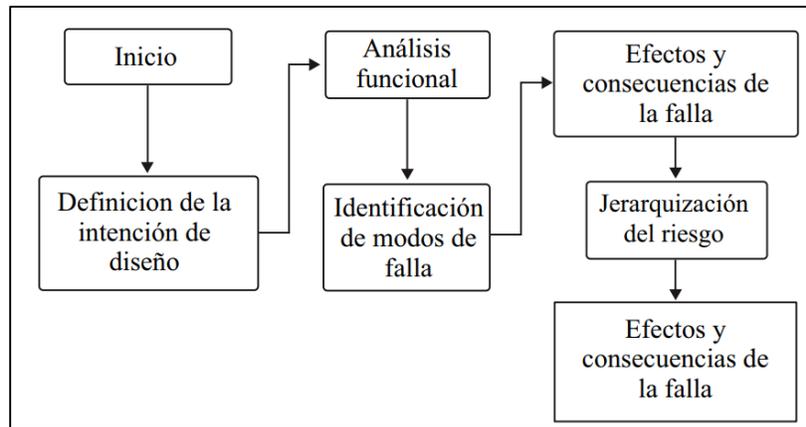
Ambas metodologías identifican formas en que un producto o proceso, puede fallar, pero la principal diferencia entre un análisis FMEA y FMECA es la forma en que estos entregan la información, debido a que esta es de forma cualitativa y cuantitativa, respectivamente.

Para el análisis FMECA se debe identificar fallas y modos de fallas del mismo modo que el análisis FMEA, seguido por el análisis crítico.



Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. [en línea], Tecnología, Ciencia, Educación,2010, vol. 25, núm. (1), PP. 15-26

Figura 2-1 Proceso RCM



Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. [en línea], Tecnología, Ciencia, Educación,2010, vol. 25, núm. (1), PP. 15-26

Figura 2-2 Proceso FMECA

### 2.3.2 DIAGRAMA FMECA

Para una buena aplicación del FMECA es necesario comprender como es que se compila la información ingresada en este análisis:

Definición de la intención de diseño: Consiste en conocer y entender el modo en que opera una planta, proceso o sistema, para aclarar las condiciones bajo las cuales trabaja, en esto se pueden apreciar parametros de operación y activos involucrados. La definición de la intención de diseño se hace necesario debido a que para saber como ha de fallar un activo, primero es necesario identificar como funciona u opera.

Análisis funcional: Es necesario para la evaluación correcta de los modos de falla, debido a que es imprescindible saber e identificar aquellas funciones esperadas por los activos

Identificación de los modos de falla: Reconociendo que una falla es acción o circunstancia en la que un activo pierde sus capacidades de operar de forma correcta, la identificación de modos de falla es la investigación de cómo estas fallas han de ocurrir o han ocurrido con anterioridad.

Severidad: Es un rango numérico que va desde el 1 al 10, otorgado a una falla, el cual califica la gravedad que tiene ésta en el sistema, o activo.

Tabla 2-1 Severidad

Efecto	Rango	Criterio
Ninguno	1	sin efecto .
muy de menor importancia	2	Defecto menor en el activo que no imposibilita su función ni crea mayores dificultades para el operador.
De menor importancia	3	Defecto menor en el activo que no dificulta su funcionamiento, un operador exigente comienza a sentir los síntomas
Muy bajo	4	Falla menor que dificulta no significativamente su operación pero es altamente susceptible por el operador
Bajo	5	Falla en la función del activo en la cual el operador percibe significativamente pero no imposibilita su operación
Moderado	6	Falla altamente susceptible por el operador, puede causar graves daños al activo.
Alto	7	Fallas de operación han de reducir considerablemente la vida útil del activo.
Muy alto	8	Falla total que puede ocasionar grandes costos de reparación.
Peligroso con aviso	9	Ocurrencia con alarma, puede causar graves daños al operador, o pérdida total del activo
Peligroso sin aviso	10	Ocurrencia sin alarma, puede causar graves daños al operador, o pérdida total del activo

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la web (15-06-2019)

Efectos y consecuencias de la falla: Es la forma en que una falla o anomalía se manifiesta, en otras palabras, son los síntomas susceptibles que indican que el activo está fuera de los parámetros normales de operación.

Ocurrencia: Este rango se define como la probabilidad de que una falla ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida útil del activo, se puede inferir desde un historial de fallas del activo.

Tabla 2-2 Ocurrencia

Probabilidad del incidente	Frecuencia (porcentaje en base a fallas totales)	Rango
Muy alto El incidente es casi inevitable	90 - 100	10
	80 - 100	9
Alto falla frecuentes	60 - 70	8
	50 - 60	7
Moderado fallas ocasionales	40 - 50	6
	30 - 40	5
Bajo incidentes aislados	30 - 20	4
	15 - 20	3
Muy bajo fallas relativamente pocas	5 - 15	2
Improbable incidente que no han ocurrido o son improbables de ocurrir	0 - 5	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la web (15-06-2019)

Detección: Indica la eficacia de los controles en el sistema productivo, estos controles están basados en el tipo de inspección ya sea a prueba de error, medición automatizada o por inspección visual.

Tabla 2-3 Detectabilidad

Rango	Criterio
1	Controles seguros para detectar fallas
2-3	Controles casi seguros para detectar fallas
4	Controles con buena oportunidad de detectar
5-6	Controles con poca dificultad para detectar
7-8	Controles con poca oportunidad de detectar
9	Controles que probablemente no detectan
10	Certeza absoluta de no detección

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la web (15-06-2019)

Jerarquización del riesgo: Es el producto que se obtiene al multiplicar la severidad, concurrencia y la capacidad de detección que los efectos de una falla emiten, sirve para identificar el grado de criticidad y con esto idear planes de mantenimiento. En este caso denotado por las Siglas RPN. Además, se resalta las casillas con valor de riesgo alto (rojo), medio (amarillo) y bajo e inexistencia de este (blanco).

Tabla 2-4 Jerarquización del riesgo

RPN = Ocurrencia * Severidad * Detección	Color según riesgo
500 – 1000	Alto riesgo <b>ROJO</b>
125 – 499	Riesgo de falla medio <b>AMARILLO</b>
1 – 124	Riesgo de falla bajo BLANCO
0	No existe riesgo de falla BLANCO

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la web (15-06-2019)

### 2.3.3 APLICACIÓN DEL FMECA

#### 2.3.3.1 DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DE DISEÑO:

El activo compuesto por un motor de combustion interna se compone de 6 sistemas para realizar la tarea a desempeñar, éste inicia con la puesta en marcha por parte del operador, soltando el freno del activo y haciendo girar un mecanismo de “embrague” el cual se conecta a un plato magnetico que hace funcionar el sistema. Con la puesta en marcha ingresa una mezcla de aire-combustible al sistema la cual es incinerada con una explosion controlada. Al girar el plato antes mencionando, energiza una bobina que brinda una corriente electrica al mecanismo para realizar una chispa inicial que enciende la mezcla, el mecanismo una vez girando (puesta en marcha) lubrica los componentes moviles ubicados en el cartel del motor; el motor se conecta a la herramienta de corte del activo, la cual realiza la accion de cortar, succionar y dirigir el cesped al lugar decaado; ciertos activos cuentan con una sistema de reduccion por medio de un mecanismos de transmision por poleas y engranes, la configuracion de este sistema brinda la propulcion mecanica del activo.

Se puede dividir el activo en 6 sistemas para una mejor conceptualización de este:

- Sistema de lubricación: El aceite utilizado y almacenado en el cartel del motor es dirigido a todo el sistema interno por medio de salpicadura, en el cual los mismos elementos mecánicos que giran al interior del cartel, salpican lubricante a todos los elementos móviles confinados en él.

- Sistema entrada de aire: Cuenta con una “capsula” el cual aloja un filtro de papel, el cual es desechable, éste es el encargado de eliminar cualquier material particulado en el aire antes de que entre en el sistema de combustión.

- Sistema entrada de combustible: Está conformado por un estanque en cual es llenado de forma manual con gasolina de 93 octanos el cual está conectado por medio de un filtro de gasolina y una manguera, al carburador del activo.

- Sistema mezcla aire/gasolina: Es el carburador el encargado de crear la mezcla aire/gasolina a fin de respetar las cantidades para un correcto funcionamiento.

- Sistema eléctrico: Está diseñado por una bobina que es energizada magnéticamente con un plato excéntrico ubicado en la parte superior del activo, ésta crea un pequeño voltaje, el cual es incrementado por la bobina de encendido y dirigido por un cable (cable bujía) hasta la bujía de encendido el cual libera una chispa que enciende la mezcla aire/gasolina.

- Sistema tracción: existen 2 modelos de activo, de tracción manual y autopropulsada, la tracción manual el operario es el encargado de empujar el activo para que este se mueva; con tracción autopropulsada, desde el eje que conecta al motor con el cuchillo de corte, se encuentra

una transmisión de polea que brinda el giro, ya sea las ruedas delanteras, traseras o ambas por medio de un reductor de engranes y sistema de embrague para otorgar la transmisión de potencia a las ruedas del activo, con el fin de disminuir el esfuerzo por parte del operador.

- Sistema de corte: No es más que un cuchillo doble de acero, el cual en uno de sus bordes es de menor sección, avellanada para realizarla la acción de corte y por el otro lado plegado de tal forma, que crea en el interior de la carcasa del activo una corriente de aire que sirve en primera instancia, dejar el césped en posición vertical para mejorar la calidad del corte y en segunda instancia, dirigir el césped ya sea al recipiente de éste o liberarlo por una compuerta lateral en caso de ser demasiada la cantidad para el recipiente.

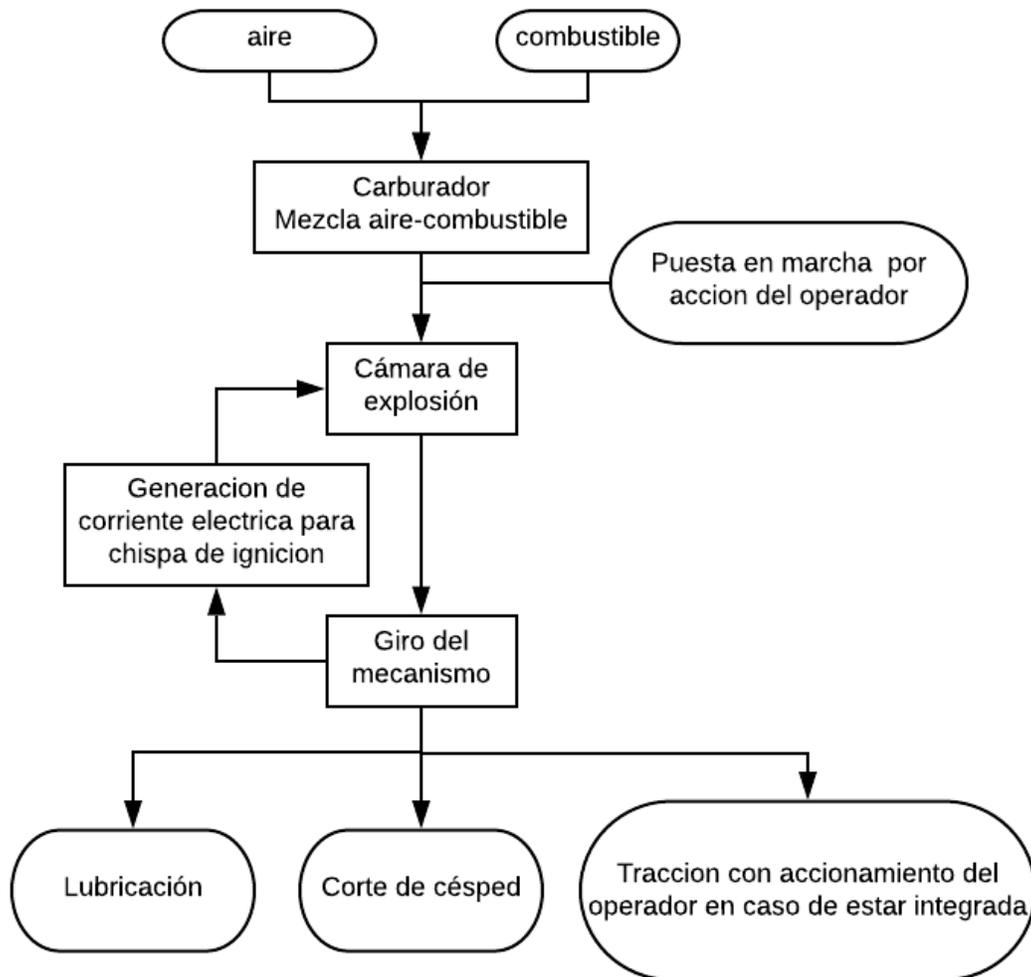
- Puesta en marcha: Se realiza por medio de un tirador en el cual el operador en primer lugar suelta el freno del activo y luego la manija del arrancador la cual hace girar un plato que por medio de fuerzas que se generan conecta al esqueleto del motor haciendo que este gire, dando inicio a la puesta en marcha del activo.

- Sistema de frenado: Este sistema sujeto a la armazón del motor, conecta con un resorte, al plato magnético con un material de desgaste, el cual se detiene debido a la fuerza de roce que es ejercida por el freno.

- Sistema de escape: No es más que un atenuador de sonido hace rebotar las ondas sonoras a través del interior del tubo de escape haciéndolas rebotar unas con otras, disminuyendo la contaminación acústica que las explosiones que el activo genera.

### 2.3.3.2 DIAGRAMA DE OPERACIÓN

En ayuda de una correcta identificación de fallas y como ya se han identificado los diversos sistemas que intervienen en la puesta en marcha del activo es conveniente esquematizar en un diagrama de flujo, ayudando a identificar con esto posibles fallas o anomalías.



Fuente: Elaboración propia con datos de activos involucrados 22/06/2019

Tabla 2-5 Diagrama de operación del activo

## 2.4 CREACIÓN DEL ANÁLISIS MODO Y EFECTO DE FALLAS DEL ACTIVO CRÍTICO

Con información proporcionadas por los trabajadores, en cuanto a fallas que los activos han tenido durante los años de la empresa, conocimientos mecánicos adquiridos por mecánicos especializados en la reparación de estos activos provenientes de la empresa distribuidora de estos,

y personas externas que trabajan con estos activos, se desarrolla el siguiente FMECA, el cual se recomienda actualizar al ocurrir alguna falla o modo de falla no ingresado

Tabla 2-6 Análisis FMECA

Sistema	Función	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	severidad	Causa potencial de la falla	ocurrencia	Control del proceso	detección	RPN
1. Sistema aire/combustible	1. Enterregar mezcla aire combustible	No entrega la mezcla explosiva	Motor no enciende	5	Filtro aire obstruido	8	Inspeccionar estado del filtro de aire	2	80
					Filtro combustible obstruido	5	Inspeccionar estado del filtro de combustible	5	125
					Carburador taponeado	3	Inspeccionar estado del carburador	6	90
					Línea de succión de combustible obstruida	2	Inspeccionar estado de ductos de combustible	3	30
					Ruptura válvula de admisión	1	Inspeccionar estado mecánico interno del activo	8	40
					Falta de combustible	2	Inspeccionar nivel del combustible	1	10
		La mezcla es inapropiada	Motor trabaja de manera errática o no enciende	6	Filtro de aire tapado	8	Inspeccionar estado del filtro de combustible	5	240
					Filtro de combustible obstruido	5	Inspeccionar estado del filtro de aire	1	30
					Carburador con suciedad	3	Inspeccionar limpieza del carburador	5	90

					Mecanismo de regulación de entrada de aire con defectos	4	Verificar estados de resortes que accionan válvula de admisión de aire del carburador	2	48
					Ventilación de la tapa de combustible obstruida	1	Inspeccionar estado de la tapa de combustible	1	6
					Bajo nivel de combustible	3	Inspeccionar nivel del combustible	1	18
2. Sistema eléctrico	2. Entrega chispa de ignición	Falta chispa que incinera mezcla explosiva	Motor no enciende	6	Cable de bujía suelto	3	Inspeccionar estado del conector del cable de bujía	3	54
					Cable de bujía cortado	2	Inspeccionar estado del cable de bujía	5	20
					Falla en bobina de encendido	1	Inspeccionar estado de la bobina de encendido	10	60
					Bujía en mal estado	5	Inspeccionar estado de bujía	5	150
					Bujía contaminada con aceite	7	Inspeccionar limpieza de la bujía	4	168
		Ignición de chispa de manera errática	Motor funciona de manera errática	6	Cable de bujía suelto	3	Inspeccionar estado del conector del cable de bujía	3	54
		Distancia disruptiva del electrodo de la bujía fuera de medida	7		Inspeccionar distancia disruptiva da la bujía a 0,76mm (0,03 pul.)	2	84		
3. Sistema de corte	3. Cortar y dirigir el césped	No se realiza acción de corte	Motor realiza trabajo mecánico, pero no se experimenta acción de corte por parte del cuchillo	2	Cuchillo mal colocado	1	Inspeccionar antes de operar o al realizar acción de corte	1	2
					Cuchilla inadecuada	2	Inspeccionar catálogo, modelo o llevar herramienta de	2	8

						9	Inspeccionar estado del filo de la herramienta	1	18
		Corta pero no direcciona el flujo de césped cortado	Taponado pero no llenado de bolsa (capacho)	4	Desgaste o ruptura de aletas del cuchillo	7	Inspeccionar estado de la herramienta	1	28
4. Sistema de tracción	4. Tracción mecánica del activo	El activo no es autopropulsado	Operador acciona palanca de tracción pero el activo se mantiene estático	4	Corte de piola de tracción	1	Inspeccionar desgaste de la piola	8	32
					Ruptura de gatillo de tracción	3	Visualizar estado del gatillo	2	24
					Ruptura de engrane de transmisión	4	Inspeccionar caja de engranes y engranes de las ruedas de transmisión de potencia	7	112
					Ruptura del pasador que conecta engrane y eje de ruedas	1	Inspeccionar caja de engranes del sistema	7	28
					Desgaste total de anillo de desgaste de tracción	6	Inspeccionar caja de engranes del sistema	7	186
		Tracción trabada, giro automático sin intervención del operador	Puesta en marcha del sistema de tracción apenas el motor inicia su función	2	Engrane "Corredizo" que conecta al eje de las ruedas, pegado por contaminante del mismo sistema	3	Inspección del estado de la caja de transmisión	7	63
		Reducción de la potencia de la tracción	Tracción accionada, con poca velocidad y/o frenada al alcanzar un obstáculo o subida	4	Desgaste significativo de correa de transmisión	4	Inspeccionar tención de correa	6	96

5. Sistema de frenado	5. Frenado	El freno no se desconecta del plato de frenado	Motor no enciende	6	Corte de piola de freno	9	Inspección de la piola de frenado	5	270		
					Ajuste inadecuado de la piola de freno	4	Inspección de la tención necesaria de la piola de frenado, con separación suficiente entre freno y plato magnético	2	48		
		El activo es incapaz de detener por medio del frenado	Operador debe intervenir obstruyendo el paso de aire en el sistema	7	Desgaste excesivo del elemento de desgaste del frenado	4	Inspección espesor del material de desgaste de frenado	3	84		
					Resorte del accionamiento de frenado dañado, suelto o inexistente	1	Inspección del estado del resorte, y de la conexión en la cual este descansa	1	7		
6. Sistema de lubricación	6. Lubricación		Motor se recalienta	7	Bajo nivel de aceite	8	Inspección del nivel de aceite	3	168		
					Exceso de humo en la salida de los gases de combustión	5	Sobre nivel de aceite Aceite muy deteriorado	7	Inspección del nivel y estado del aceite	2	70
					Vibración excesiva	6	Bajo nivel de aceite Aceite deteriorado	8	Inspección del nivel y estado del aceite	2	96
					Desgaste rápido de los anillos de compresión	7	Bajo nivel de aceite Aceite deteriorado	6	Inspección del nivel, estado del aceite y condición de los anillos de desgaste	6	252
					Ruptura de componentes internos del activo (ubicación cartel)	10	Bajo nivel de aceite Aceite deteriorado	3	Inspección del nivel y estado del aceite	9	270

Fuente elaboración propia con datos de operadores, mecánicos especializados y particulares que utilizan activos similares (26-07-2019)



### **CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ACTIVO CRÍTICO**



### 3. **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ACTIVO CRÍTICO**

#### 3.1 **NECESIDADES PARA REALIZAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO**

Un plan de mantenimiento ya sea preventivo, productivo o correctivo surge tras la necesidad de reducir costos ya sea en el ámbito operacional en cuanto a producción, demoras tras reparaciones imprevistas, daños en cuanto a la seguridad de un trabajador, etc.

Las averías en un activo o sistema son inevitables, trayendo consigo consecuencias perjudiciales para el activo o sistema, estas provocan pérdida en la producción o déficit en su calidad, riesgos para las personas, y sobre todo costos económicos significativos.

#### 3.2 **OBJETIVOS A CONSEGUIR**

La creación de un plan de mantenimiento debe ir en ayuda de la mejora continua de la empresa, esto quiere decir que no debe perjudicar los principios funcionales de esta, ya sea:

**Minimizando acciones correctivas:** Reduciendo tareas imprevistas que han de causar demoras en producción por no tener conocimiento del estado del activo, planificando tareas y recursos necesarios.

**Aumentando la disponibilidad de los activos:** Con esto mejorando la capacidad productiva de la empresa y con ello una mayor rentabilidad de los servicios o productos a entregar.

**Aumentando la productividad de los activos y el operador:** Con estos evitando los tiempos muertos tras reparaciones imprevistas.

**Reduciendo riesgos de accidentabilidad laboral:** En lo cual los operarios han de trabajar de manera más segura siendo más competentes en sus funciones.

**Evitando pérdida de materia prima:** Que puede quedar inutilizable.

**Reduciendo gastos por mantenimiento y reparaciones:** minimizando la inversión económica tras fallas catastróficas en los activos, mantenimiento inadecuado o sobre mantenimiento.

Alargando la vida útil de los activos: Para que puedan seguir operativos sin necesidad de ser reemplazados por uno nuevo.

### **3.3 COMO REALIZAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO ÓPTIMO**

La creación de un plan de mantenimiento debe estar dirigido al o los objetivos para el cual está diseñado, no es lo mismo diseñar un plan de mantenimiento para aumentar la vida útil de un activo, como, para aumentar su disponibilidad, confiabilidad, etc.

Es por esta razón que se debe determinar metas y objetivos claros.

Surge imprescindible investigar el funcionamiento del activo o sistema el cual se implementará el plan de mantenimiento, para poder identificar y categorizar según criticidad las fallas que han de ocurrir y consigo la realización de tareas que se deben desarrollar para evitar o disminuir tales fallas

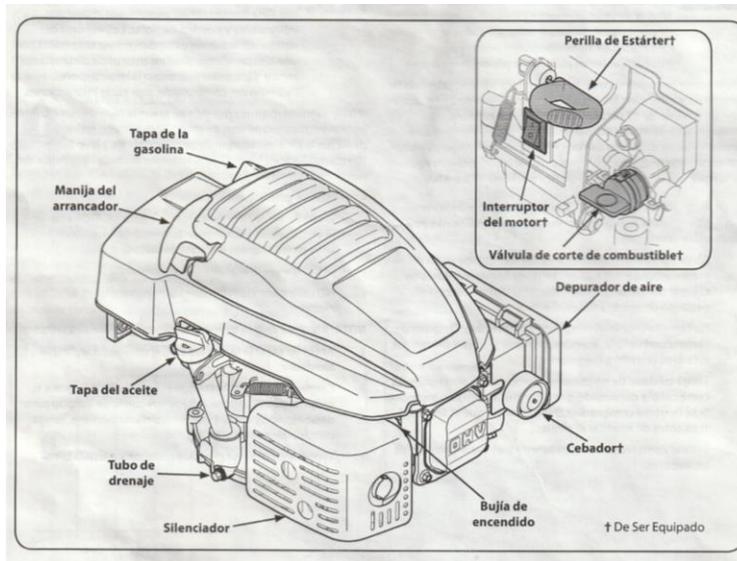
La Gestión del mantenimiento permite analizar características de este, la forma en que se ha de organizar, planificar, programar y supervisar. Es indispensable para la toma de decisiones, teniendo en conocimiento las características del o los activos involucrados, si es que la empresa tiene competencias técnicas para realizar las labores de mantenimiento y la existencia de tiempo para la realización de actividades dentro de la logística productiva del mantenimiento; de lo contrario licitaciones a empresas externas para efectuar procesos de mantenimiento.

### **3.4 MANUAL DE OPERADOR**

El manual de operador que es entregado por el fabricante una vez realizado la compra del activo ayuda a comprender el funcionamiento o puesta en marcha del activo, para que con esto el operador pueda realizar sus actividades de manera simple, comprendiendo su funcionamiento además sirve como guía para un correcto plan de mantenimiento, debido a que entrega recomendaciones, características, funcionamiento y mantención que se debe realizar al activo.

Además, proporciona información y procedimiento en la correcta realización de actividades de mantenimiento y control que se deben realizar al activo.

En la figura 3-1 muestra sobre componentes externos del activo que pueden ser visibles a simple vista y ayudan a la realización de actividades de mantenimiento.



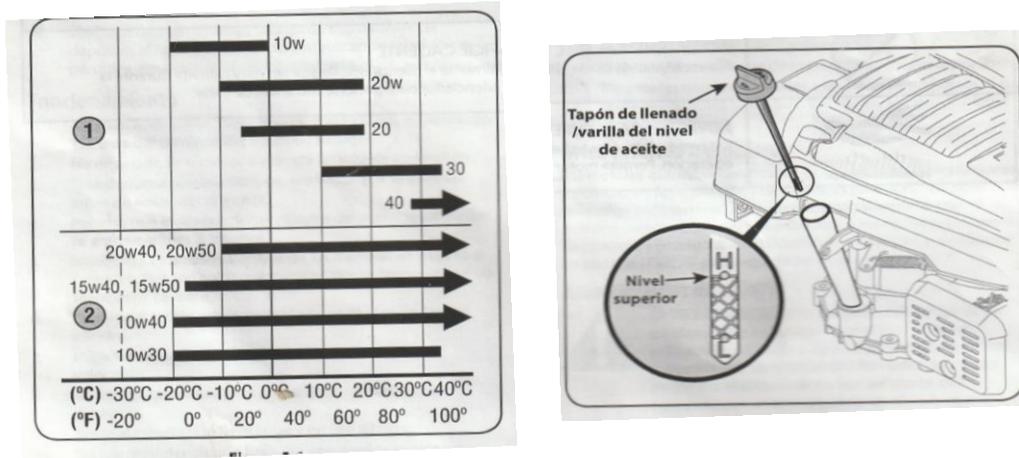
Fuente: Manual del operador pág. 8

Figura 3-1 Componentes visibles del activo

### 3.4.1 RECOMENDACIONES DEL LUBRICANTE

El activo cuenta con un tapón y varilla de llenado el cual limita la cantidad optima de aceite con un nivel máximo denominado con la letra “H” y un nivel mínimo “L”, además el fabricante dice que la capacidad máxima de llenado permitida es de 600 ml de lubricante.

Además, este recomienda lubricante multigrado debido a sus buenas prestaciones a los cambios de temperatura, de preferencia un SAE 10W-30. Además, entrega una tabla en base a la temperatura ambiente en caso de utilizar otro tipo de lubricante. Pero el distribuidor de estos activos recomienda por las condiciones climática de la región en que estos activos han de trabajar un aceite SAE 20-50 el cual les ha dado muy buenas prestaciones.



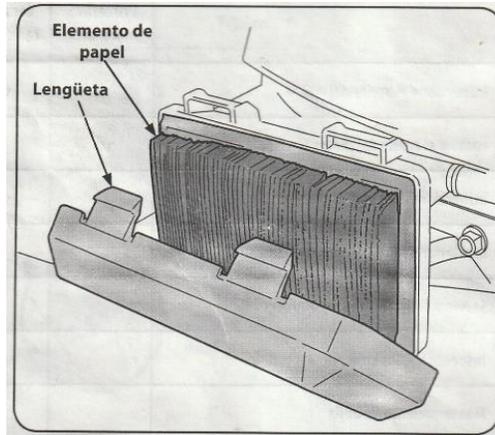
Fuente: Manual del operador pág. 6

Figura 3-2 Carta de viscosidad

### 3.4.2 FILTROS

El sistema de combustión tiene una entrada en la cual se mezclan dos fluidos, mezcla aire-gasolina, estos deben estar exentos de cualquier partícula principalmente solidas las cuales han de causar daños significativos al activo; debido a que estos activos no trabajan en un ambiente controlado, es importante la utilización de filtros que permitan el paso de estos fluidos de manera limpia, sin impurezas.

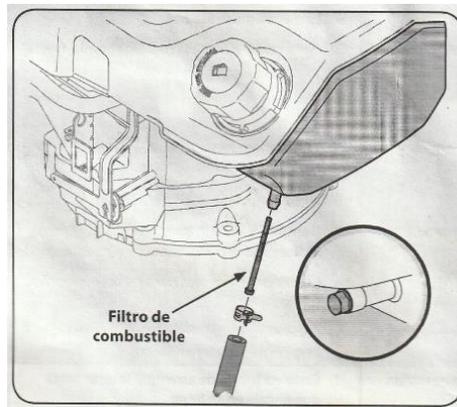
En el caso del filtro de aire este está ubicado en una pequeña armazón de plástica con una tapa de acceso rápido, figado a la entrada del paso de aire del carburador, en la fig. 3-3 muestran el filtro como un elemento de papel.



Fuente: Manual del operador pág. 12

Figura 3-3 Filtro de aire

En el caso del filtro de combustible este está instalado en la parte inferior del estanque de gasolina, es un intermediario entre el estanque y la manguera de paso de combustible hacia el carburador, a diferencia el filtro de combustible éste es una pequeña malla de forma cilíndrica el cual va al interior del estanque y sujeto con la manguera por medio de una abrazadera de acceso rápido para facilitar su limpieza y cambio de ser necesario.



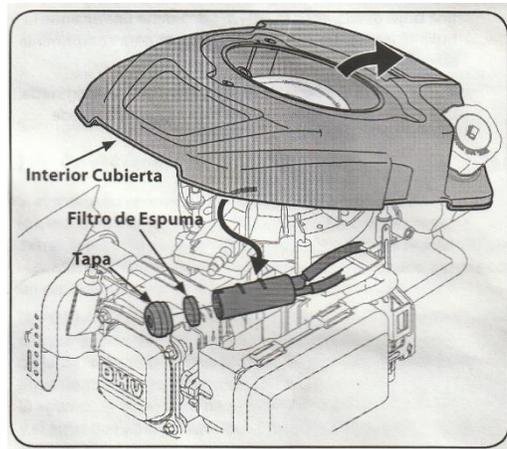
Fuente: Manual del operador pág. 12

Figura 3-4 Filtro de combustible

### 3.4.3 CANISTER O FILTRO DE CARBÓN ACTIVO

Es un componente utilizado principalmente en EE-UU el cual tiene la finalidad de minimizar la contaminación al medio ambiente debido a la evaporación de la gasolina sin utilización, este almacena los gases de hidrocarburos cuando el activo está en reposo para evitar que tales gases lleguen a la atmosfera, para luego al poner en marcha el activo ser utilizados.

Este contiene un filtro de espuma el cual niega el paso de suciedad al canister el cual debe ser limpiado



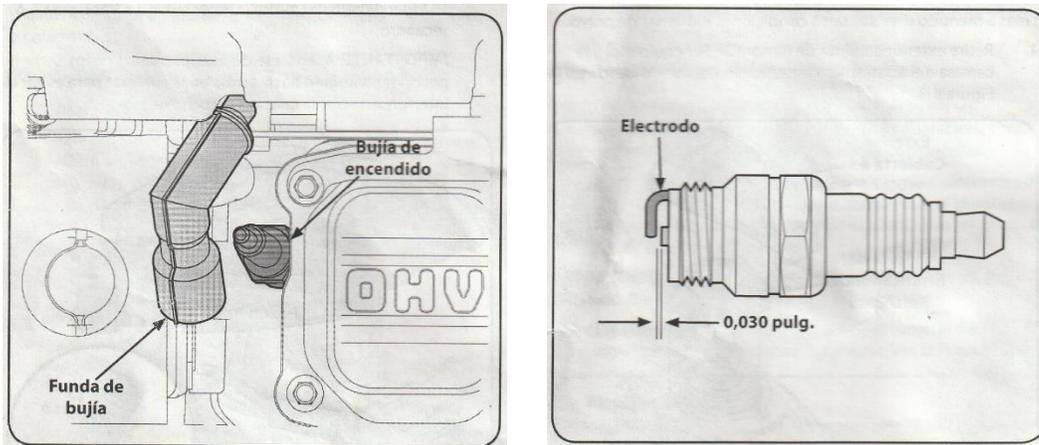
Fuente: Manual del operador pág. 13

Figura 3-5 Cannister

### 3.4.4 MANTENIMIENTO DE BUJÍA

Una correcta combustión de los gases, aparte de una mezcla correcta de los fluidos, está directamente relacionada con la chispa de ignición, la cual es proporcionada en la cámara de combustión por la bujía de encendido. Debido a su propio uso va sufriendo desgaste en sus electrodos (central y lateral) provocando una separación mayor, y con esto una chispa eléctrica la que no encenderá todo el combustible de la cámara de admisión.

Por esto se es necesario corregir tal error por medio de galgas normalizadas. La separación óptima entregada por el fabricante es de 0,030 pul. o 0,75 mm.



Fuente: Manual del operador pág. 14

Figura 3-6 Bujía de encendido

### **3.5 PLAN DE MANTENIMIENTO DISPUESTO POR EL FABRICANTE**

En la pág. 11 del manual del operador entrega un calendario de mantenimiento en base a horas de trabajo en el cual indica cambios, inspección, condiciones de operación, cargas de trabajo, y temperatura ambiente.

Este plan de mantenimiento preventivo óptimo para el activo es muchas veces difícil de llevar a cabo, debido principalmente a que las intervenciones en los activos se han de realizar en plena producción retrasando los servicios que la empresa brinda a sus clientes

Pero sirve como guía para realizar un plan de mantenimiento que más se acomode a los requisitos de la empresa. Junto a información en cuanto a logística, análisis de fallas (FMECA), presupuestos, personal capacitado para labores de mantención, se puede llevar a cabo un plan de mantenimiento óptimo acorde a los requerimientos de la empresa.

	Primeras 5 horas	Cada uso o cada 5 horas	Cada temporada o cada 25 horas	Cada temporada o cada 50 horas	Cada temporada o cada 100 horas	Fechas de Mantenimiento
Inspeccione el aceite del motor		✓				
Cambie el aceite del motor ††	✓			✓		
Inspeccione el depurador de aire		✓				
Mantenimiento del depurador de aire †					✓	
Servicio de Carbono Canister Filter †					✓	
Inspecciones las bujías de encendido			✓			
Mantenimiento de bujía					✓	
Limpie la protección de retención		✓				
Limpie alrededor del silenciador		✓				
Sustituya Filtro de Combustible					✓	
† Cuando se utiliza en áreas polvorientas, el mantenimiento debe ser más regular.						
†† Si se opera bajo carga pesada o en temperatura ambiente alta.						

Fuente: Manual del operador pág. 14

Figura 3-7 Calendario de mantenimiento (fabricante)

### 3.6 PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL ACTIVO CRITICO

En consecuencia, se recomienda aplicar un TPM en el cual sean los operarios de los activos aquellos, que velen por el buen funcionamiento de estos, realizando tareas de mantenimiento que estén al alcance de sus capacidades mecánicas, de no contar con tales capacidades se recomienda al dueño instruir por medio de un externo para dar conocimiento de procedimientos que se han de realizar al activo para llevar a cabo tareas de mantenimiento en este. Además, el manual del fabricante del activo indica procedimientos para realizar ciertas tareas.

El plan de mantenimiento preventivo a efectuar está basado en un mantenimiento diario, semanal y anual, con datos de fallas típicas y fallas que pocas veces han ocurrido en el activo.

Además, es necesario realizar un mantenimiento correctivo a ciertos componentes que están sometidos a desgaste rápido pero fácil de reparar, con lo que es recomendable equipar los

vehículos de transporte con herramientas y componentes del activo que se desea reemplazar una vez que estos fallan.

Tabla 3-1 Plan de mantenimiento preventivo del activo critico

Actividad	diario	2 semanas	4 semanas	8 semanas	Anual
1- (**) Limpieza alrededor del silenciador, filtro de aire, tapa de estanque de combustible y carcasa	X				
2- (*) Inspección nivel de aceite	X				
3- Cambio de aceite		X			
4- (*) Limpieza filtro de aire	X				
5- Cambio filtro de aire				X	
6- Limpieza filtro canister			X		
7- Inspección/ajuste bujía			X		
8- Limpieza/ cambio filtro combustible				X	
9- Inspección herramienta de corte			X		
10- Inspección estado de tracción					X

(\*\*) Tarea a realizar al término de la jornada laboral

(\*) Tareas a realizar al comienzo de la jornada laboral

Fuente: Elaboración propia (09/08/2019)

### **3.7 ACCIONES CORRECTIVAS A LA FALLA, CON CONTRATACIÓN DE TERCEROS**

Como no es factible contratar a un experto en mecánica con un contrato igual a los trabajadores que realizan los servicios que presta la empresa, para la realización de tareas muy puntuales en los activos, como revisión de mecanismos internos de un motor de combustión, como, por ejemplo: anillos, válvulas, estado de un carburador, fallas eléctricas, etc., que son fallas que se producen a largo tiempo y con un MTBF que puede ser extenso realizando un correcto

mantenimiento. En este caso resulta rentable la contratación de terceros para efectuar labores de mantención preventiva o acciones correctivas, en un plazo en que el activo comienza con síntomas de fallas las cuales son incapaces de resolver con el personal que tiene la empresa.

### **3.8 ACCIONES CORRECTIVAS CON PERSONAL DE LA EMPRESA**

Para evitar el sobre mantenimiento, el activo se compone de ciertos elementos que fallan en corto plazo y que son de fácil acceso y reparación, los cuales el operador puede fácilmente sin mucha intervención de herramientas realizar una correcta reparación, ya sea en las dependencias de la empresa o durante la jornada laboral.

Las actividades que el operador puede realizar una vez ocurrida una falla son:

- Cambio de piola de frenado
- Cambio de cordón de manija del arrancador
- Cambio de resorte del arrancador
- Cambio de cuchilla de corte

Estas se pueden realizar en el momento en que ocurre la falla teniendo un pequeño stock de materiales y herramientas en los vehículos de carga.

### **3.9 COSTOS INVOLUCRADOS**

#### **3.9.1 SITUACIÓN ACTUAL**

La creación de un plan de mantenimiento está firmemente ligada a reducir o incrementar las ganancias monetaria de una empresa, adelantándose a fallas, o muerte súbita de un activo, que han de causar grandes pérdidas económicas en una empresa.

La empresa en cuestión cuenta con 4 activos que pueden o no, trabajar de manera simultánea, teniendo un coste total de UF 56,5 aprox., con una vida útil de no más de 2.5 años

En los cuales la mayoría de las fallas son reparables por el mismo personal, cuando esto no se realiza, el activo en falla es llevado al centro de reparación en el cual fue comprado, en este se realiza la reparación que corresponde, por la cual se paga el repuesto, mano de obra involucrada y con de entrega aprox. de 10 días, siempre y cuando la empresa cuente con stock del repuesto necesario, de lo contrario ellos se encargan de pedirlo a otro distribuidor, teniendo en consecuencia retrasos en la entrega del activo.

Esto implica un problema para la logística en la entrega de los servicios de la empresa, debido a que cambia la programación pre-definida en la calendarización de los servicios

### 3.9.2 PRESUPUESTO NECESARIO PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Debido a que la finalidad de la creación del plan de mantenimiento es alargar la vida útil del activo, es decir que estos sobrepasen los 2.5 años de uso, los insumos, herramientas y componentes a analizar son destinados a una vida útil de 2.5 años teniendo en cuenta que a otras empresas o particulares la vida útil de estos sobrepasa los 5 años, sin tener que hacer mayores intervenciones, como, por ejemplo: fallas de rodamientos, cambio de anillos ajuste de válvulas de admisión, etc., además el distribuidor comenta que la mayor cantidad de activos que llegan con fallas catastróficas en la que el activo queda obsoleto es netamente por una mala mantención, principalmente tras el descuido de la condición del lubricante y más aun considerando que un activo realizando las mantenciones correspondientes puede trabajar hasta 8 años sin mayores inconvenientes.

El presupuesto para la actual propuesta de mantenimiento se realizará a los 2.5 años, que corresponde a la vida útil actual de los activos de la empresa, a 5 años que es lo que se espera que el activo trabaje hasta una falla catastrófica debido a la carga de trabajo con el que se utiliza y a los 8 años que el distribuidor considera que el activo puede estar en operación.

Tabla 3-2 Costo total anual por activo (mantt. preventivo)

	Cantidad anual por activo	UF unidad	UF total
Bujía	1	0,072	0,072
Filtro aire	4	0,33	1,30
Aceite	3.9	0,43	1,70
Total anual x activo			3,07

Fuente: Elaboración propia (14/08/2019)

Como la implementación del plan de mantenimiento se evalúa a 2,5 años el costo total por activo es de UF 7,675, y al evaluarlo con los cuatro activos que la empresa utiliza se obtiene un total de UF 30,7 [mantenimiento preventivo (3,07) multiplicado con los 2,5 años y por los 4 activos].

Además del coste propio del mantenimiento que se desea realizar al activo existen los componentes a los cuales se pretende realizar acciones correctivas una vez que fallen los cuales tales costos pueden ser aproximados y sumados al coste total de mantenimiento. Con conocimiento de los mismos operarios se tiene lo siguiente:

Tabla 3-3 Costo por componentes, se reemplazan a la falla a 2.5 años de vida

	Cantidad durante 2.5 años de vida útil	Precio unitario (UF)	Costo monetario (UF)
Resorte de arrancador	1	0,22	0,22
Rueda de tracción	2	0,58	1,16
Piola de freno	3	0,018	0,054
Herramienta de corte	1	0,54	0,47
Cordón manija de arranque	1	0,11	0,11
Total			2,01

Fuente: Elaboración propia (14/08/2019)

### **3.10 COSTO TOTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Como se visualizó en la tabla 3-2 en el cual se obtiene el costo total anual de 1 activo, se obtiene un costo total por mantenimiento de UF3,07 que al ser multiplicado por los años de vida del activo y la cantidad de éstos que la empresa cuenta, se obtiene un total de UF 30,07 que sumado al gasto por acciones correctivas (UF 2,01) se tiene un total de UF 32,71; Pero a esto se le suma la inversión necesaria que corresponde a Uf 56,5 Tras la adquisición de estos. Dando como valor final UF 89,21

Al esperar una vida útil de 5 años el coste de mantenimiento alcanza un valor de UF 65,42 que sumado al costo por adquisición (UF 56,6) se tiene un total de UF 121,92, sin tener en cuenta el costo por reparaciones con alguna empresa externa, pero si estimamos una inspección en la cual revisen o cambien componentes como válvulas o anillos se le puede agregar un total de UF 11,28 (valor de la inspección por activo (2,82) multiplicado por 4) valor estimativo entregado por quien comercializa y repara estos activos. Finalmente se obtiene una suma de UF 133.2

Si se proyecta la vida útil del activo a 8 años con 2 intervención antes mencionadas se estima una inversión por mansión de UF 183,832 "[correspondiente a (costos total del mantenimiento y reparaciones a 8 años) + (2 intervenciones por externos) + (la adquisición de los activos)]

En lo que respecta a mano de obra, se aconseja que sean los mismos operadores quienes realicen las tareas de mantenimiento programadas, ya que se espera que sean ellos quienes velen por el cuidado y buen manejo de los activos. Suponiendo que la obra hombre tiene un valor de UF 0,08 la Tabla 3-4 estima la cantidad de horas que un activo tiene que ser intervenido respecto al plan de mantenimiento propuesto.

Tabla 3-4 Tiempo estimado por actividad de mantenimiento

Actividad	Tiempo min	Cantidad de activos	Total min	Total hrs	Intervenciones anuales	Total hrs
Cambio de aceite	15	4	60	1	26	26
Limpieza filtro canister	10	4	40	0,6	12	7,2
Inspección/ajuste de bujía	10	4	40	0,6	12	7,2
Limpieza/cambio filtro de combustible	10	4	40	0,6	6	3,6
Inspección herramienta de corte	15	4	60	1	12	12
Inspección estado de tracción	49	4	160	2,67	1	2,6
					Total	58,6

Fuente: Elaboración propia (14/08/2019)

Con el total de 58,6 horas anuales y con un costo de UF 0,08 por hora hombre se obtiene un valor de UF 4,688 anual, lo que implica que en 2.5 años alcanza un valor de UF 11,72, a los 5 años un valor de UF 23,44 y a los 8 años UF 37,504, lo que implica que el costo total de mantención es de:

2.5 años = UF 100,93

5 años = UF 156,64

8 años = UF 221,336

### 3.10.1 GANANCIA ESTIMADA

Para obtener la utilidad que amerita la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se analiza lo siguiente:

Debido a que al proyectar el uso de activos a 5 años la empresa debe realizar una inversión de un total de UF 113 comprando activos cada 2.5 años, como se espera que los activos tengan una vida útil de 5 años, al pasar por los 2.5 años en servicio, el gasto económico que se realiza es el gasto de mantención y no la compra de activos el cual alcanza un valor de UF 100,14 [(costo por mantención preventiva) + (acciones correctiva)+ (hora hombre involucrada)] en vez del UF 113 al comprar activos nuevos, es decir, se tiene una ganancia de UF 12,86 aprox;

Finalmente, a los 8 años el gasto por mantención alcanza un valor de UF 164,736 mientras que la compra de activos supone una inversión de UF 169,5, es decir se estima una ganancia de UF 4,764

En pocas palabras la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, con acciones correctivas, disminuye en un 11,38% la inversión por compra de activos nuevos a los 5 años y en un 2,81 % a los 8 años.

#### 3.10.1.1 RECOMENDACIONES PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO

Debido a que el mayor gasto en el plan de mantenimiento es proporcionado por gastos de lubricante y filtros de aire, es aconsejable una mejor cotización, al comprar estos productos a distribuidores que los comercialicen al por mayor.

Además, es aconsejable tener un activo de sacrificio, es decir un activo al que se realice el plan de mantenimiento dispuesto anteriormente, el cual tendrá una carga de trabajo mayor, es decir, destinarlo a uso continuo ya sea en servicios de mantención de áreas grandes como pequeñas. Además, se recomienda realizar un registro en cuanto a fallas para alargar los tiempos entre intervenciones y reducir el gasto por hora hombre, y sobre mantenimiento.

### 3.11 PROCEDIMIENTOS DE ACTIVIDADES

Para efectuar el plan de mantenimiento es bueno tener en conocimiento procedimientos para efectuarlos de forma correcta, para evitar errores ya sea en montaje, falta o excedente de herramientas, insumos a utilizar, etc.

El Anexo 1 se muestra procedimiento para efectuar el plan de mantenimiento preventivo entregando información como la actividad a realizar, herramientas e insumos, una imagen para aclarar ubicación y/o componente a intervenir o inspeccionar, además el procedimiento para efectuar tal actividad.

El anexo 2 explica el procedimiento de acciones correctivas con mayor frecuencia de fallas, entregando información como la actividad a realizar, herramientas e insumos, una imagen

para aclarar ubicación y/o componente a intervenir o inspeccionar, además el procedimiento para efectuar tal actividad.

### **3.12 CONTROL DE ACTIVIDADES**

Para poder controlar y verificar ya sean fallas, o costos de mantenimiento es necesario realizar un registro de las intervenciones que se realizan a los activos, para por una parte verificar que el mantenimiento se realiza de forma adecuada y por otra controlar la inversión económica.

Para esto el anexo 3, se muestra una ficha de actividades, en la cual informa sobre las actividades que se realizan, la fecha y personal responsable.

## **CONCLUSIÓN**

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo busca una mejor rentabilidad en la producción de un servicio o producto, disminuyendo tiempos no programados en reparaciones, gastos imprevistos asociados a lo mismo, pérdidas por falta activo inutilizable que alteran la entrega o calidad de los servicio o productos que la empresa brinda.

El plan de mantenimiento dispuesto para el activo crítico de la empresa analizada busca alargar la vida útil del activo crítico, con el fin de aumentar la rentabilidad de la empresa, debido al gasto que se genera tras la inversión que la empresa atribuye en la adquisición de activos nuevos en periodos cortos de tiempo.

Analizando diversos factores la implementación de este mantenimiento preventivo disminuye en un 11,38% la inversión por compra de activos los 5 años y un 2,81% a los 8 años, aumentando la rentabilidad de la empresa.

Con la implementación de este plan de mantenimiento es recomendable registrar un control de las actividades que se realizan, además de registrar aquellas fallas que no están ingresadas en el FMECA dispuesto, con el fin de poder identificar posibles correcciones el plan de mantención dispuesto.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1) José R. Aguilar-Otero\*, Rocío Torres-Arique y, Diana Magaña-Jiménez. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. [en línea], Tecnología, Ciencia, Educación, 2010, 25, (1): 15-26, <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>>. [consulta: 10 de junio de 2019]. ISSN: 0186-6036.
- 2) Denisis Alonzo, Millán Gabriela, Millán Francelis, Moya Gabriela, Doler Alejandro y Colella Vito. Detección y análisis de fallas. Análisis de modos y efectos de fallas [en línea]. <<https://www.monografias.com/trabajos94/deteccion-modos-efectos-y-analisis-fallas/deteccion-modos-efectos-y-analisis-fallas.shtml>>. [consulta: 10 de junio de 2019]
- 3) Lean Solutions, AMEF Analisis de Modo y Efecto de Falla [en línea]. <<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>>. [consulta: 10 de junio de 2019]
- 4) Carlos Parra Márquez y Adolfo Crespo Márquez, Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos [en línea]. <[https://www.academia.edu/8553179/notas\\_importastes\\_de\\_analisis\\_de\\_criticidad](https://www.academia.edu/8553179/notas_importastes_de_analisis_de_criticidad)> [consulta 10-06-2019]
- 5) Dani Meganeboy, Sistemas Anticontaminación (en línea). <<http://www.aficionadosalamecanica.net/canister.htm>> [Consulta 30 de agosto de 2019]
- 6) Operator's Manual, 159 cc OHV Vertical Shaft Engine. Ohio, Estados Unidos, (769-08388D), 2013



**ANEXOS**



**ANEXO 1: PROCEDIMIENTO PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Procedimiento para el plan de mantenimiento

CORTACESPED

Actividad: Inspección nivel de aceite.

Herramientas	insumos
	Aceite lubricante 10W30 Papel absorbente

Imagen de tapón de llenado de lubricante



Procedimiento:

1. Girar a favor de las manecillas del reloj el tapón de llenado.
2. Con un papel absorbente limpio, limpiar restos de aceite en la varilla de ll nivel de aceite.
3. Insertar varilla y girar en contra de las manecillas del reloj.
4. Repetir el punto "1".
5. Verificar que el nivel de aceite se encuentre del rango de nivel requerido (entre H Y L).

CORTACESPED

Actividad: Cambio de aceite con drenaje al interior de la carcasa.

Herramientas	insumos
Juego de dados Kit de cambio aceite (recipiente y embudo)	Aceite lubricante 10W30 Papel absorbente

Imagen inferior corta césped, tapón de drenaje inferior.



Procedimiento:

1. Con el motor frío, realice puesta en marcha durante 2 a 5 min, con el fin de calentar el aceite.
2. Ladear el activo y soltar el perno ligeramente.
3. Dejar el activo en altura, (puede ser sobre baldes de 20 L.).
4. Dejar recipiente debajo del activo y soltar el tapón de drenaje completamente.
5. Dejar escurrir hasta que no salga más aceite.
6. Colocar tapón de llenado y asegurarlo firmemente.
7. Llenar de aceite por el tapón de llenado con 600 ml de lubricante.

CORTACESPED

Actividad: Cambio de aceite con drenaje al costado del motor, sobre carcasa.

Herramientas	insumos
-Llave punta corona N°10 - Kit de cambio aceite (recipiente y embudo)	-Aceite lubricante 10W30 -Papel absorbente

Imagen ubicación tapón de drenaje lateral.

Procedimiento:

1. Con el motor frío, realice puesta en marcha durante 2 a 5 min, con el fin de calentar el aceite.
2. Retirar cámara que sostiene el tapón de llenado.
3. Soltar ligeramente el tapón de drenaje.
4. Colocar embudo entre carcasa y motor, debajo del tapón de drenaje.
5. Inclinar el activo hasta sacar una gran cantidad de aceite.
6. Soltar el tapón de drenaje.
7. Dejar escurrir hasta que no salga más aceite.
8. Colocar tapón de llenado y asegurarlo firmemente.
9. Colocar cámara que sostiene el tapón de llenado y asegurarlo firmemente.
10. Llenar de aceite por el tapón de llenado con 600 ml de lubricante.

CORTACESPED

Actividad: Limpieza filtro de aire.

Herramientas	insumos
	Filtro de aire

Imagen ubicación filtro de aire.



Procedimiento:

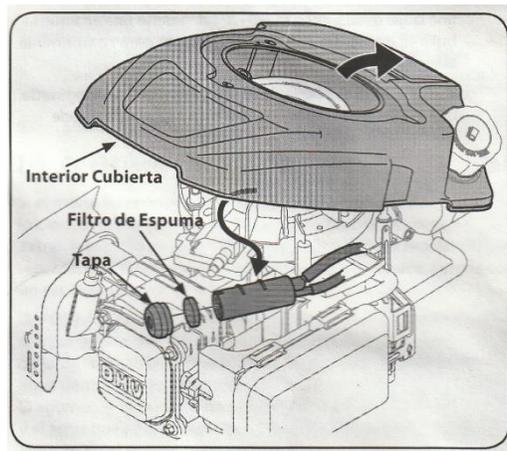
1. Presionar lengüetas y retirar cubierta del filtro.
2. Extraer el filtro, y golpear suavemente sobre una superficie limpia, en caso de alto deterioro, sustituir por uno nuevo.
3. Colocar el filtro en la cubierta plástica evitando que éste sea “mordido” por la misma.

CORTACEPED

Actividad: Limpieza filtro canister.

Herramientas	insumos
Juego de dados	Detergente

Imagen Ubicación filtro canister.



Procedimiento:

1. Retirar cubiertas plásticas y carcasa del arrancador, para llegar al canister.
2. Retirar tapa de caucho y extraer filtro de espuma.
3. Limpiar filtro con detergente liquido suave y agua, pulsándolo o sacudiéndolo en la solución, evitando torcerlo para no dañarlo.
4. Secarlo con papel absorbente.
5. Colocarlo en su posición y ajustar la tapa de caucho.

CORTACESPED

Actividad: Inspección/ajuste bujía.

Herramientas	insumos
Llave de bujías Galgas	Bujía de encendido

Imagen ubicación bujía de encendido.

Procedimiento:

1. Con el motor frío, retirar funda de bujía.
2. Retirar bujía con llave bujía.
3. Inspeccionar espaciado entre electrodos (0.030 pul. o 0,75 mm) con galgas.
4. Ajustar a la medida correspondiente o cambiar bujía.
5. Insertar bujía hasta el tope de ésta.
6. Apretar 1/2 vuelta con arandela nueva.
7. Al colocar bujía usada apretar 1/8 o 1/4 de vuelta.

CORTACESPED

Actividad: Limpieza/ cambio filtro combustible.

Herramientas	insumos
Alicate Recipiente	Filtro de combustible Solvente (gasolina)

Imagen Ubicación filtro combustible.



Procedimiento:

1. Soltar abrazadera.
2. Con un recipiente limpio y seco quitar manguera y simultáneamente colocar recipiente para la extracción del combustible.
3. Limpiar el filtro con gasolina limpia o reemplazar.
4. Con la abrazadera en la manguera insertar filtro, al interior del estanque y colocar manguera.
5. Asegurar manguera can abrazadera.

CORTACESPED

Actividad: - Inspección herramienta de corte.

Herramientas	insumos
Juego de dados Lima o esmeril con disco de lija traslapado.	Herramienta de corte

Imagen, herramienta de corte.



Procedimiento:

1. Inclinar podadora y verificar condición de desgaste del filo del cuchillo y estado de aletas de este.
2. Para mejorar condición del filo de la herramienta, extraerla, sosteniéndola con una mano y con la otra girando la tuerca con llave punta corona.
3. Afilar con lima, o Esmeril con disco de lija traslapado.
4. Reemplazar en caso de desgaste masivo en las aletas y/o en deformaciones de la herramienta.

CORTACESPED

Actividad: Inspección estado de tracción.

Herramientas	insumos
Juego llave estrella	Grasa
Juego de dados	Papel absorbente

Imagen tracción delantera.



Procedimiento:

1. Inclinar el activo con las ruedas de tracción en el aire.
2. Retirar tornillos que sujetan plásticos que sostienen el mecanismo de tracción y ruedas.
3. Separar cubiertas plásticas.
4. Soltar correa de transmisión y verificar estado de poleas y correa.
5. Soltar pernos del mecanismo de tracción.
6. Limpiar con solvente grasa en mal estado y verificar condición de elementos de desgaste.
7. Re-engrasar mecanismo.
8. Colocar pernos para unir cubiertas del mecanismo.
9. Colocar correa en ambas poleas.
10. Atornillar parte inferior de las plastias que sostienen el mecanismo de tracción a la carcasa.
11. Colocar parte superior para afirmar el mecanismo.
12. Retirar tapas laterales de las ruedas de tracción.
13. Soltar completamente tuerca que sostiene ruedas de tracción para extraerla.

14. Limpiar engranes internos de la rueda.
15. Retirar perno que sostiene engrane transmisor (metálico), cuidando de no perder pasador.
16. Limpiar con solvente interior del engranaje y engrasar.
17. Limpiar tapa interior de la rueda.
18. Insertar engrane de transmisión y apretar firmemente.
19. Insertar rueda y sujetarla firmemente con su respectiva tuerca.
20. Insertar tapa plástica externa de la rueda.

**ANEXO 2: PROCEDIMIENTOS PARA ACCIONES CORRECTIVAS**

Procedimientos para acciones correctivas

CORTACEPED

Actividad: Cambio resorte del arrancador.

Herramientas	insumos
Juego dados	Resorte de arrancador

Imagen ubicación y cubierta del resorte del arrancador.

Procedimiento:

1. Extraer tapas plásticas superior para llegar al arrancador.
2. Soltar tornillos que afirman arrancador.
3. Con el arrancador invertido, soltar tuerca que sostiene al mecanismo.
4. Retirar tapa cuidadosamente para evitar perder algún componente.
5. Visualizar bien o fotografiar dirección o posición de los extremos del resorte.
6. Retirar resorte dañado.
7. Enrollar manualmente cordón del arrancador hasta dejar aprox. 50 cm de éste libre.
8. Colocar resorte nuevo en la misma posición que el dañado.
9. Colocar mecanismos internos y tapa del arrancador.
10. Apretar no en exceso la tuerca que sostiene los componentes.
11. Fijar arrancador, y plásticos previamente extraídos.

CORTACEPED

Actividad: Cambio del cordón del tirador.

Herramientas	insumos
Juego dados	Cordón del tirador

Imagen arrancador.



Procedimiento:

1. Extraer tapas plásticas superior para llegar al arrancador.
2. Soltar tornillos que afirman arrancador.
3. Retirar tapa cuidadosamente para evitar perder algún componente.
4. Cuidadosamente para evitar que el resorte salga involuntariamente de su alojamiento, retirar cordón cortado.
5. Insertar el cordón nuevo anudando el extremo de este.
6. Enrollar el cordón en el mecanismo dejando 50 cm aprox.
7. Cuidadosamente insertar el mecanismo en su ubicación.
8. Colocar mecanismos internos y tapa del arrancador.
9. Apretar no en exceso la tuerca que sostiene los componentes.
10. Fijar arrancador, y plásticos previamente extraídos.

CORTACESPED

Actividad: Cambio de piola de frenado.

Herramientas	insumos
Alicate Destornillador cruz	Piola de frenado

Imagen mecanismo de frenado.

Procedimiento:

1. Retirar piola cortada de la funda de ésta y de la manija de control.
2. Insertar piola en el mecanismo de frenado, luego su funda para finalmente pasarla la manija de control.
3. Aprisionar con una traba mecánica, para cuando el accionamiento de esta quede lo suficientemente tensa para lograr separar el freno del plato magnético
4. En caso de quedar excesivamente tensa, soltar la traba mecánica y desplazar ésta un poco más afuera.

