

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

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA COMPACTADOR DE  
BASURA ALIMENTADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Técnico Universitario en  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumnos:

Nicolás Andrés Sanhueza San Juan

Christofer Benjamín Allende Gutiérrez

Profesor Guía:

Ing. / Sr. Eduardo Vidal Páez



## **RESUMEN**

### **KEYWORDS: MANTENIMIENTO, COMPACTADOR, HIDRAULICO**

El presente estudio consiste en la realización de un plan de mantenimiento a un compactador de residuos sólidos alimentado por energía fotovoltaica, se enfocó principal y únicamente en el sistema hidráulico del compactador. Se realizara un análisis con el método de estudio FMECA, el cual consiste en realizar un método de análisis de falla junto a una tabla en la cual se muestra cada uno de los componentes de este sistema hidráulico y su posible o futura falla a la cual están expuestos al estar en operación de trabajo.

Al haber analizado este caso, se dedujo que no se podía hacer un análisis de criticidad, el cual está compuesto por las fallas que ha tenido o que tuvo en algún momento de su trabajo, pero como esta misma mientras se hizo el plan de mantenimiento estaba en fase de construcción, no se pudieron obtener datos sobre fallas pasadas que haya podido tener. Por lo tanto, este informe se enfocó en estudiar los componentes principales del sistema hidráulico del compactador de residuos sólidos, y ver cuándo y por qué fallan al estar en operación de trabajo. Por supuesto que también se obtuvo un estudio en el cual se muestra cómo detectar estas supuestas fallas que pueda tener cada uno de los componentes del compactador

No obstante, como se mencionó anteriormente, no se pudo realizar un análisis de criticidad el cual se obtiene a través de fallas que haya tenido la maquina en estudio. El capítulo 1, muestra la descripción de la maquina en estudio, cada una de sus partes más relevantes y de cómo están compuestas. También se refiere a el proceso productivo del compactador, mostrando cuales son las fases de trabajo a las cuales será sometido. Se hizo un desglose de la maquina por la parte interna como externa para dar a conocer sus partes más relevantes y cuáles son sus respectivas medidas y características técnicas.

El capítulo 2, se enfoca específicamente en el método de estudio utilizado llamado FMECA, se da a conocer que consta este método de análisis de fallas y al mismo tiempo se mostró cual fue el resultado final que se obtuvo gracias a este método. Se muestra una tabla en la cual salen las partes más importantes del compactador de residuos sólidos con sus respectivas fallas y posibles detecciones para poder encontrar la posible falla. También consta de una clasificación para ver qué equipo es más crítico a la hora de fallar.

El capítulo 3, se enfocó en el mantenimiento a nivel de lubricación del sistema hidráulico, ya que se necesita saber que lubricante o aceite se debe usar correctamente y que condiciones debe tener este mismo. El aceite es uno de los elementos más importantes de un sistema hidráulico ya que es el fluido que causa la fuerza y movimiento de todos los juegos de cilindros de compactación en esta máquina.

**ÍNDICE**

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA COMPACTADOR DE BASURA ALIMENTADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA</b> | <b>1</b>  |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                           | <b>3</b>  |
| <b>ÍNDICE</b>                                                                                            | <b>5</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b>                                                                                  | <b>8</b>  |
| <b>SIGLA Y SIMBOLOGÍA</b>                                                                                | <b>1</b>  |
| SIGLAS1                                                                                                  |           |
| SÍMBOLOS                                                                                                 | 1         |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                                      | <b>1</b>  |
| <b>OBJETIVOS</b>                                                                                         | <b>2</b>  |
| OBJETIVO GENERAL                                                                                         | 2         |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                                                                    | 2         |
| <b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA EN ESTUDIO</b>                                                  | <b>3</b>  |
| 1.1. INTRODUCCIÓN                                                                                        | 5         |
| 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO                                                                  | 5         |
| 1.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MAQUINA                                          | 6         |
| 1.3.1. Descripción de sistemas y partes del equipo                                                       | 6         |
| <b>CAPÍTULO 2: DATOS PARA REALIZAR UN CORRECTO MANTENIMIENTO</b>                                         | <b>19</b> |
| 2.1. PROBLEMÁTICA DEL EQUIPO INTERVENIDO                                                                 | 21        |
| 2.2. MANTENIMIENTO A SISTEMAS HIDRÁULICOS                                                                | 22        |
| 2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO                                                                            | 24        |
| 2.4. MODELO DE FALLA FMECA                                                                               | 28        |
| 2.4.1. Principios básicos del FMECA                                                                      | 30        |
| 2.4.2. Procedimiento del FMECA                                                                           | 31        |
| 2.4.3. Preparación del análisis                                                                          | 31        |
| 2.4.4. Prioridad de riesgo                                                                               | 32        |
| 2.4.5. Aplicación del FMECA                                                                              | 32        |
| 2.5. LIMITACIONES Y DESVENTAJAS                                                                          | 33        |
| 2.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD                                                                              | 33        |
| 2.7. TABLA FINAL DESARROLLADA A TRAVÉS DEL MÉTODO FMECA                                                  | 36        |
| <b>CAPÍTULO 3: MANTENIMIENTO AL SISTEMA HIDRÁULICO</b>                                                   | <b>39</b> |

|        |                                                                                                                                                                   |           |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.   | SISTEMA HIDRÁULICO                                                                                                                                                | 41        |
| 3.1.1. | Aceite hidráulico                                                                                                                                                 | 41        |
| 3.1.2. | Bombas                                                                                                                                                            | 42        |
| 3.1.3. | Transmisión de Potencia                                                                                                                                           | 45        |
| 3.1.4. | Fluidos Hidráulicos                                                                                                                                               | 45        |
| 3.2.   | LUBRICACIÓN                                                                                                                                                       | 46        |
| 3.2.1. | Depósito o Tanque de Aceite                                                                                                                                       | 46        |
| 3.2.2. | Tamaño del Depósito                                                                                                                                               | 47        |
| 3.2.3. | Filtros                                                                                                                                                           | 47        |
| 3.3.   | MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA LUBRICACIÓN                                                                                                                           | 50        |
| 3.3.1. | Viscosidad                                                                                                                                                        | 51        |
| 3.3.2. | Índice de Viscosidad                                                                                                                                              | 51        |
| 3.3.3. | Estabilidad a la oxidación                                                                                                                                        | 52        |
| 3.3.4. | Punto de escurrimiento                                                                                                                                            | 52        |
| 3.3.5. | Cilindros hidraulicos                                                                                                                                             | 53        |
| 3.3.6. | Control del nivel de aceite                                                                                                                                       | 53        |
| 3.3.7. | Sustitución del aceite                                                                                                                                            | 53        |
| 3.3.8. | Sustitución del Filtro de Aire                                                                                                                                    | 53        |
| 3.3.9. | Búsqueda de roturas                                                                                                                                               | 54        |
| 3.4.   | COSTOS DE COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO.                                                                                                                     | 56        |
|        | Componente                                                                                                                                                        | 57        |
| 3.6.2  | Sistema PLC                                                                                                                                                       | 59        |
|        | En el caso del sistema de PLC, si hablamos de mantenimiento, entendemos que se deber mantener o conservar el PLC en óptimas condiciones de seguridad y operación. | 59        |
|        | <b>CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES</b>                                                                                                                               | <b>62</b> |
|        | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                                                                                                                               | <b>64</b> |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|             |                      |   |
|-------------|----------------------|---|
| Figura 1-1. | Desglose compactador | 7 |
| Figura 1-2. |                      | 8 |
| Figura 1-3. |                      | 8 |
| Figura 1-4. |                      | 9 |
| Figura 1-5. |                      | 9 |
| Figura 1-6. |                      | 9 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-7.                                                                       | 10 |
| Figura 1-8.                                                                       | 10 |
| Figura 1-9.                                                                       | 10 |
| Figura 1-10. Sistema de generacion                                                | 11 |
| Figura 1-11. Panel fotovoltaico “Inventux X3”                                     | 12 |
| Figura 1-12.                                                                      | 12 |
| Figura 1-13. Dimension panel                                                      | 13 |
| Figura 1-14.                                                                      | 13 |
| Figura 1-15.                                                                      | 14 |
| Figura 1-16. Funcionamiento del cilindro                                          | 14 |
| Figura 1-17. Carrera de cilindro según peso                                       | 15 |
| Figura 1-18. Vista superior del compactador con cilindros retraídos               | 16 |
| Figura 1-19. Vista superior del compactador con cilindros extendidos              | 17 |
| Figura 1-20. Optimizacion del espacio que se gana con la disposicion de cilindros | 17 |
| Figura 2-1. Cilindros con desgaste                                                | 21 |
| Figura 2-2.                                                                       | 28 |
| Figura 2-3. Ubicación de los elementos filtrantes                                 | 28 |
| Figura 2-4. Aceite hidráulico                                                     | 29 |
| Figura 2-5.                                                                       | 29 |
| Figura 2-6. Funcionamiento de un equipo contador de partículas                    | 30 |
| Figura 2-7. Sellos en mal estado                                                  | 36 |
| Figura 2-8.                                                                       | 36 |
| Figura 2-9. Cilindros con desgaste                                                | 37 |
| Figura 2-10. Fallas en los vastagos de los cilindros                              | 38 |
| Figura 3-1.                                                                       | 44 |
| Figura 3-2.                                                                       | 45 |
| Figura 3-3.                                                                       | 46 |
| Figura 3-4. Elementos de un depósito de aceite                                    | 48 |
| Figura 3-5. Espirador                                                             | 49 |
| Figura 3-6.                                                                       | 50 |
| Figura 3-7.                                                                       | 51 |
| Figura 3-8.                                                                       | 54 |
| Figura 3-9.                                                                       | 55 |
| Figura 3-10. Tabla problema-causa-solución                                        | 58 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2-1. Tabla desarrollada                                            | 22 |
| Tabla 2-2. Tabla desarrollada                                            | 39 |
| Tabla 3-1. Precios estimados componentes criticos del sistema hidraulico | 56 |
| Tabla 4-1. Tabla de mantenimiento cilidros doble efecto                  | 57 |
| Tabla 4-2. Tabla de mantenimiento bombda de paletas                      | 58 |

**SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

**SIGLAS**

|                                            |                                                                                                      |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FMECA:                                     | Efectos de modos de falla y análisis de criticidad.                                                  |
| ISO :                                      | Norma definida por la organización internacional de normalización aplicada en productos y servicios. |
| I.V :                                      | Índice de viscosidad.                                                                                |
| OHSAS :                                    | Sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional.                                                |
| RCM :                                      | Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.                                                          |
| RSD. :                                     | Residuos                                                                                             |
| A27OES:                                    | Perfil de acero elaborado a partir del reciclaje de acero)                                           |
| A36. :                                     | Planchas de acero de carbono, fuerza de resistencia minima de 36 Ksi)                                |
| ASTM. :                                    | American society for Testing and Materials                                                           |
| USM. :                                     | Universidad Técnico Federico Santa María                                                             |
| NBR. :                                     | Goma de nitrilo butadieno                                                                            |
| HV. :                                      | Dureza de Vickers                                                                                    |
| Acero ST 52.3 BK : Barras acero al carbono |                                                                                                      |
| DIN. :                                     | Norma Alemana                                                                                        |
| Acero F-1140. : Acero al carbono           |                                                                                                      |
| PLC :                                      | Programa Logico                                                                                      |
| cST :                                      | Unidad centisko                                                                                      |
| SAE. :                                     | Sociedad de Ingenieros Automotores                                                                   |
| RAM. :                                     | Random access (memoria de acceso aleatoreo)                                                          |
| GMAO. :                                    | Gestión del mantenimiento asistido por ordenador                                                     |

**SÍMBOLOS**

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Kg :             | Kilogramo      |
| Nº :             | Numero         |
| m <sup>2</sup> : | Metro cuadrado |
| mm :             | Milímetro      |
| % :              | Porcentaje     |
| °C :             | Grados Celsius |



## **INTRODUCCIÓN**

Para las autoridades tanto institucionales como de la comunidad, el tema de residuos es muy preocupante. El tipo y la cantidad de basura han venido en aumento en las últimas décadas por causa del consumismo y sobrepoblación y no dejando de lado el poco manejo que se tiene sobre los residuos. Esto pasa a ser una verdadera amenaza contra la salud humana.

El buen manejo de residuos incluye puntos importantes como la intervención de las distintas etapas en la gestión de estos, estas involucran la recolección, el manejo, el aprovechamiento, el tratamiento y la fase importante que sería la organización de la gestión del manejo de los residuos con el fin de disminuir la cantidad de residuos generados.

La disponibilidad del espacio de los vertederos disminuye y aumenta el gasto de eliminación de residuos, debido a las medidas de protección ambiental, esto da muestra que la compactación es cada vez más importante siendo considerada como la fase más importante en este tipo de problemas.

Con la compactación se facilita el transporte y almacenamiento de los residuos, disminuyendo el volumen evitando problemas como el derrame en contenedores, que los malos olores se propaguen en el aire, mejora la apariencia estética de los centros de acopio y finalmente alarga la vida útil de los rellenos sanitarios.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una propuesta de un plan de mantenimiento dirigido principal y únicamente al sistema hidráulico de un compactador de residuos sólidos urbanos alimentado por energía fotovoltaica.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar observaciones del funcionamiento técnico de los cilindros hidráulicos que trabajan en el compactador de residuos sólidos.
- Analizar posibles fallas que pueda tener el sistema hidráulico del equipo en estudio de acuerdo a información técnica de fabricantes.
- Proponer un plan de mantenimiento al sistema hidráulico del compactador de residuos sólidos, cuantificando costo beneficios.

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA EN ESTUDIO**



## **1. DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA EN ESTUDIO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

En el siguiente capítulo se muestra la información requerida para conocer el funcionamiento y de que está compuesto el compactador de residuos sólidos para demostrar su capacidad de trabajo para el cual está siendo requerido.

El compactador de residuos sólidos está formado por un sistema fotovoltaico compuesto de 16 paneles solares los cuales tienen un voltaje máximo de 1000 volts pico, lo cual abarca una gran cantidad de energía para abastecer el consumo que requiere la máquina para poder realizar la compactación de los residuos que serán trabajados.

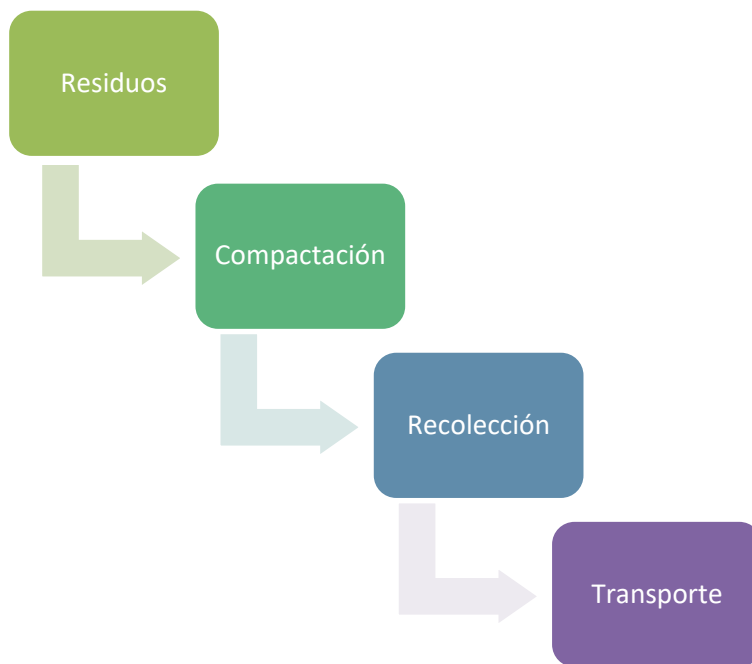
También tiene un sistema hidráulico compuesto por dos juegos de cilindros, uno de esos pares de cilindros está encargado del movimiento de la pared que está encargada de la compactación de los residuos sólidos, los cuales están de forma cruzada para alcanzar una mayor carrera. El otro juego de cilindros está encargado de la apertura de una puerta del compactador, por donde saldrán los residuos sólidos ya compactados y serán empujados hacia afuera para ya ser manipulados.

Por otra parte, en este capítulo no se realizará ninguna mención a la empresa a la cual está relacionado el compactador, ya que no tiene relevancia en este proyecto y no existe la información necesaria para ser incluida en el trabajo.

### **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

El servicio que entrega la empresa o la maquina en este caso está relacionado a la compactación de residuos sólidos en zonas muy aisladas en la V región del país, es decir, mejorar la calidad de vida de la gente que habita en aquellos sectores.

El impacto que genera la basura compactada, va relacionado a dos puntos muy importantes, el primero de ellos está en función de la reducción de costos en el transporte de los residuos, ya que al no estar compactados la cantidad es de una gran envergadura y los camiones encargados de estos, deben realizar una gran cantidad de viajes a estos sectores muy aislados. El segundo punto va relacionado a la mejora de calidad de vida de los habitantes de estas zonas, ya que no estarán con los desechos acumulados en una zona y eso es lo que genera que se creen los basurales.



### 1.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA MAQUINA

Antes de realizar la propuesta de un plan de mantenimiento o más bien un diagnóstico del equipo, es necesario conocer sus componentes, tanto en la parte estructural como en el sistema hidráulico de compactación. Este equipo está compuesto de un sistema hidráulico el que será explicado detalladamente y también de un sistema fotovoltaico el cual está encargado de la alimentación del compactador.

La energía de alimentación del compactador de residuos sólidos está conformada por los paneles solares y también por una batería para así almacenar la energía recolectada por los mismos paneles para que así el compactador pueda auto sustentarse y que no dependa siempre de los rayos solares, ya que no todos los días puede que se junte la energía necesaria para realizar la operación de compactación.

#### 1.3.1. Descripción de sistemas y partes del equipo

El diseño de la maquina compactadora consta de una estructura de material que se adapta a las condiciones ambientales y propiedades intrínsecas de los RSD (residuos) a compactar con un tamaño de cámara de cargue.

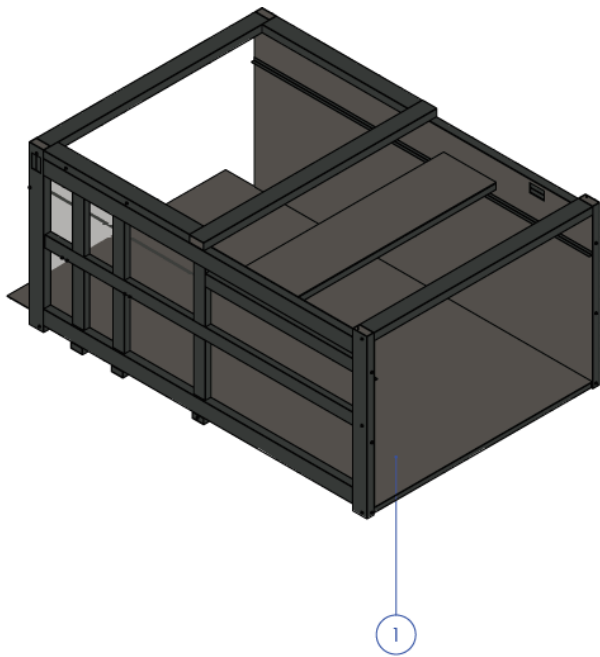
El diseño del compactador estacionario y los factores externos que da a conocer las condiciones ambientales y geográficas que presentan la zona a intervenir. Es aquí donde se puede establecer y evaluar los factores principales de diseño de sistema de compactación, consta de una estructura principal de acero estructural de material A270ES (perfil de acero elaborado a partir del reciclaje de acero)/ A36 (planchas de acero de carbono, fuerza de resistencia mínima de 36 ksi)/AR360, con dos cilindros encargados de la apertura y cierre de la puerta por donde saldrán los desechos compactados y dos cilindros en la contra placa con una placa de compactación del mismo material de la estructura del compactador, también tiene ruedas guías de avance, contra placa de compactación de material A36 o superior, estructura del soporte de la contra placa A270-ES con paneles fotovoltaicos montados encima del compactador, cubierta de avance con material plancha de acero A36 laminada en frío lo mismo para la cubierta posterior, superior y lateral. Para la estructura de soporte esta: la de soporte cilindro con un material de A36 /A270ES, soporte de anclaje posterior con un material A36, soportes de anclaje laterales con el mismo material A36.

También se considera un perfil de refuerzo rectangular de 1494 x 150 x 5 x 5 mm ASTM (American society for Testing and Materials )A500, la tolva de alimentación y protección de cilindros utiliza el material de plancha de acero A36 laminada en frío, perfiles sistema de nivelación A270ES, placas sistema de nivelación A36, y para finalizar con la estructura del compactador se encuentran los cáncamos giratorios M20 x 30 mm con material de alta resistencia – G80 la siguiente tabla e imágenes explica el modelo del compactador en una vista explosiva.

| Nº | LÁMINA | PIEZA                           | MATERIAL                                             | CANTIDAD |
|----|--------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------|
| -  | 1      | Plano principal compactador     | -                                                    | -        |
| 1  | 2      | Estructura compactador          | A270ES / A36 / AR360                                 | 1        |
| 2  | -      | Cilindros de compactación       | Varios                                               | 2        |
| 3  | 4      | Placa de compactación           | A36 / A270ES                                         | 1        |
| 4  | 5      | Ruedas guía para avance         | Varios                                               | 3        |
| 5  | 6      | Contraplaca de compactación     | A36 o superior                                       | 1        |
| 6  | 7      | Estructura soporte contraplaca  | A270-ES                                              | 1        |
| 7  | -      | Cilindros de contraplaca        | Varios                                               | 1        |
| 8  | 9      | Cubierta de avance              | Plancha de acero A36 laminada en frío                | 1        |
| 9  | 10     | Estructura de soporte cilindros | A36 / A270ES                                         | 1        |
| 10 | -      | Perfil de refuerzo              | Perfil rectangular 1494 x 150 x 50 x 5 mm. ASTM A500 | 1        |
| 11 | 12     | Cubierta posterior              | Plancha de acero A36 laminada en frío                | 1        |
| 12 | 13     | Soportes de anclaje posterior   | A36                                                  | 3        |
| 13 | 14     | Cubierta superior               | Plancha de acero A36 laminada en frío                | 1        |
| 14 | 15     | Tolva de alimentación           | Plancha de acero A36 laminada en frío                | 1        |
| 15 | 16     | Perfiles sistema de nivelación  | A270ES                                               | 4        |
| 16 | 17     | Placas sistema de nivelación    | A36                                                  | 2        |
| 17 | 18     | Cubiertas laterales             | Planchas de acero A36 laminada en frío               | 2        |
| 18 | 19     | Protecciones cilindros          | Plancha de acero A36 laminada en frío                | 2        |
| 19 | 20     | Soportes de anclaje laterales   | A36                                                  | 2        |
| 20 | -      | Cáncamos giratorios M20 x 30 mm | Alta resistencia - G80                               | 3        |

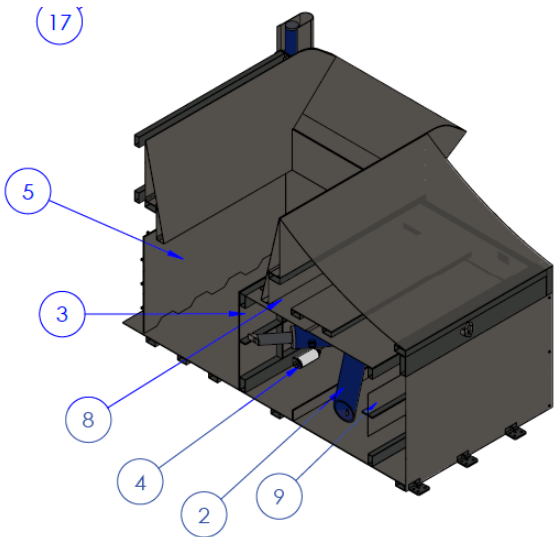
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-1.



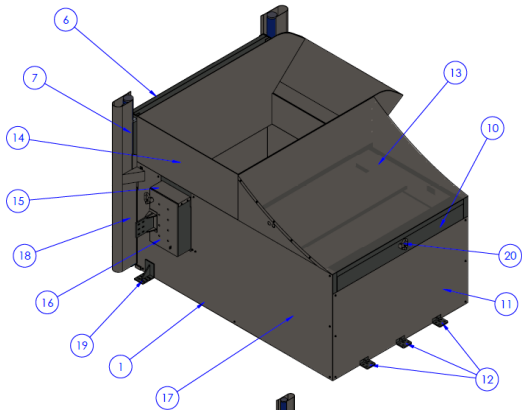
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-2.



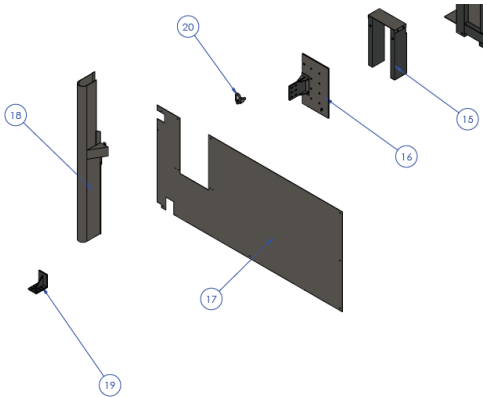
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-3.



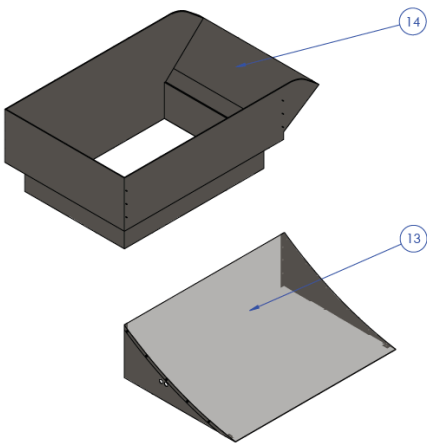
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-4.



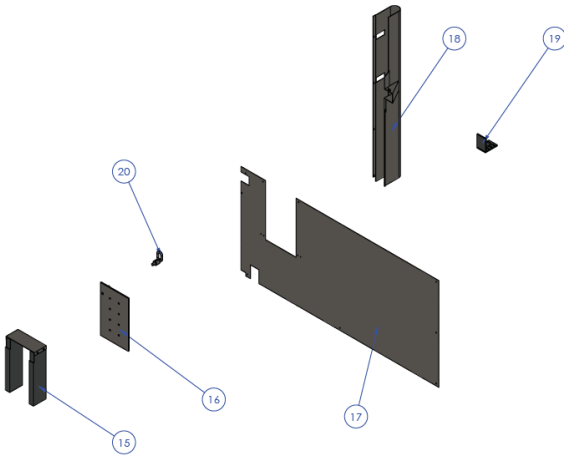
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-5.



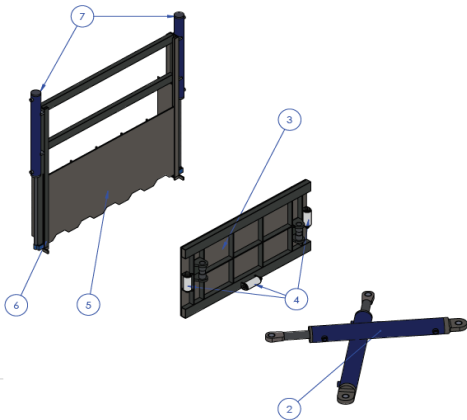
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-6.



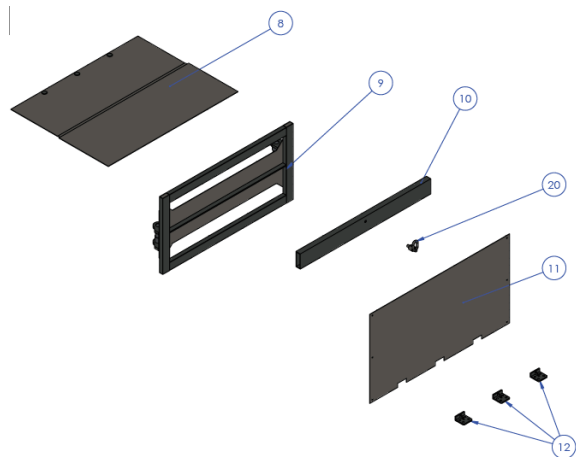
Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-7.



Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-8.



Fuente: Desglose compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-9.

Las necesidades energéticas del sistema de compactación de RSD incorpora un sistema fotovoltaico autónomo como una fuente de energía.

El diseño de la estructura, volumen de compactación y los requerimientos de energía se determinan a través de evaluar las condiciones de operación en el lugar establecido.

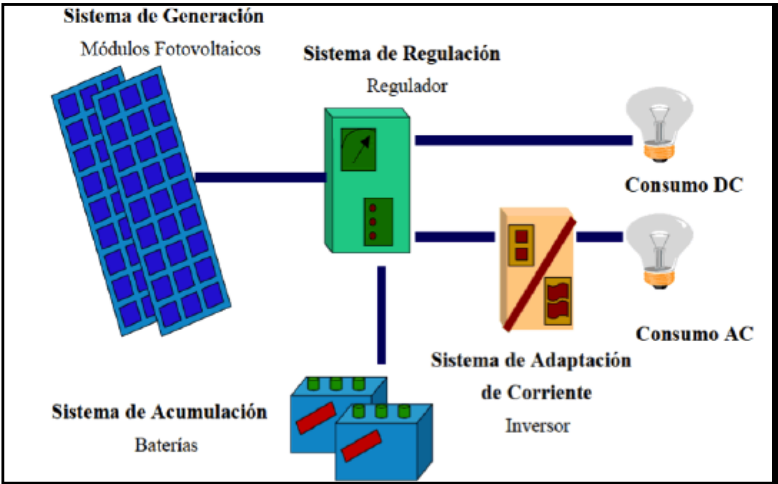
La estructura según los rangos de presiones de compactación en la cuales operara el sistema y que logre optimizar el volumen de carga a transportar de RSD, se definen los requerimientos energéticos del compactador, específicamente lo demandado por el sistema electro/hidráulico

Aquí se establece el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo y que logre integrarse al compactador estacionario como fuente de energía.

Los requerimientos energéticos (potencia) que demanda el sistema hidráulico, accionador del cilindro y el sistema de compactación en sí, demanda energía la cual se relacionará a las demandas de las presiones necesarias para una buena compactación, frecuencia de operación diaria para cumplir con las demandas requeridas

El tipo de tecnología de los módulos fotovoltaicos vendrá influenciada por las características geográficas de la zona a intervenir como por ejemplo la temperatura , radiación solar, entre otras, se detendrá un regulador que este se encargara de controlar la carga de las baterías, como la descarga y evitar cargas o descargas excesivas, es aquí donde se define el tipo de regulador a utilizar según su intensidad de corriente que genere el sistema fotovoltaico para a entrada y corriente máxima de las cargas para salida

En general un sistema fotovoltaico que trabaje de manera autónoma posee la siguiente configuración y sus correspondientes partes:



Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .  
Sistema de generacion

Figura 1-10.



Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .

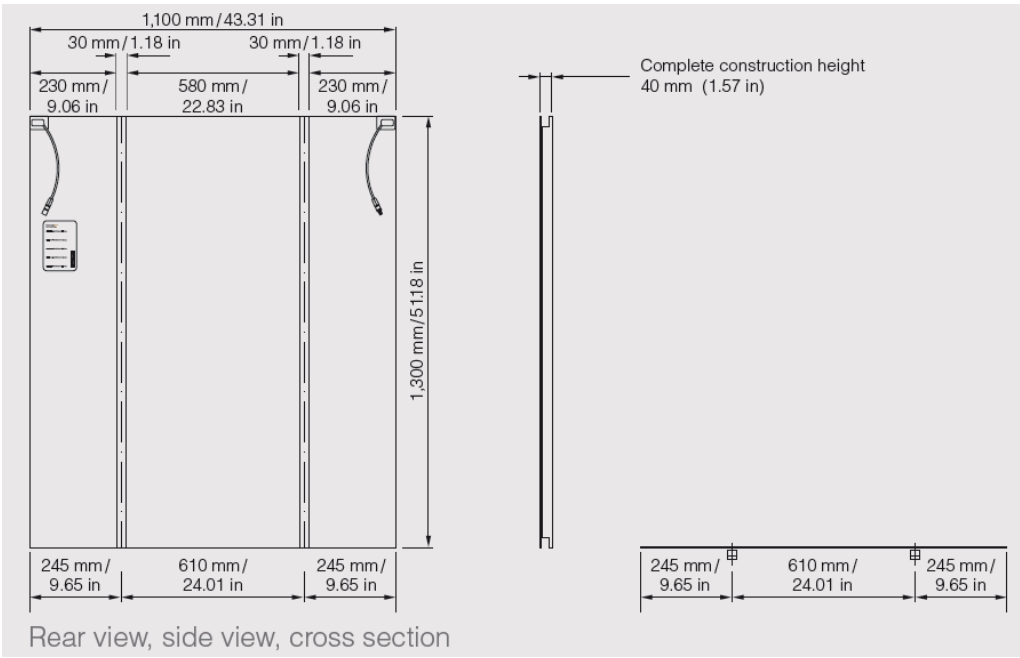
Figura 1-11. Panel fotovoltaico “Inventux X3”



Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .

Figura 1-12

Dimensiones del panel



Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .

Figura 1-13.

| Electrical Data at STC *                          |                          |                   | X3-115 | X3-120 | X3-125 | X3-130 | X3-135 | X3-140 |
|---------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Maximum Electrical Output (-0/+5 W <sub>p</sub> ) | P <sub>max</sub>         | [W <sub>p</sub> ] | 115    | 120    | 125    | 130    | 135    | 140    |
| Voltage at P <sub>max</sub>                       | U <sub>mpp</sub>         | [V]               | 125    | 126    | 127    | 128    | 129    | 130    |
| Current at P <sub>max</sub>                       | I <sub>mpp</sub>         | [A]               | 0.92   | 0.95   | 0.98   | 1.02   | 1.05   | 1.08   |
| Open Circuit Voltage                              | U <sub>oc</sub>          | [V]               | 164    | 164    | 165    | 165    | 166    | 166    |
| Short Circuit Current                             | I <sub>sc</sub>          | [A]               | 1.12   | 1.17   | 1.20   | 1.24   | 1.28   | 1.32   |
| Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>       | α P <sub>max</sub>       | [%/K]             | -0.25  | -0.25  | -0.25  | -0.25  | -0.25  | -0.25  |
| Temperature Coefficient of U <sub>oc</sub>        | α U <sub>oc</sub>        | [%/K]             | -0.30  | -0.30  | -0.30  | -0.30  | -0.30  | -0.30  |
| Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>        | α I <sub>sc</sub>        | [%/K]             | +0.07  | +0.07  | +0.07  | +0.07  | +0.07  | +0.07  |
| Open Circuit Voltage, initial                     | U <sub>oc, initial</sub> | [V]               | 167    | 167    | 168    | 168    | 169    | 169    |
| Short Circuit Current, initial                    | I <sub>sc, initial</sub> | [A]               | 1.15   | 1.19   | 1.23   | 1.27   | 1.30   | 1.35   |

\* STC: 1,000 W/m<sup>2</sup> irradiance with a spectrum of AM 1.5 at a module temperature of 25 °C

| Electrical Data at NOCT **        |                  |      | X3-115 | X3-120 | X3-125 | X3-130 | X3-135 | X3-140 |
|-----------------------------------|------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Voltage at P <sub>max</sub>       | U <sub>mpp</sub> | [V]  | 115    | 116    | 117    | 118    | 119    | 119    |
| Current at P <sub>max</sub>       | I <sub>mpp</sub> | [A]  | 0.75   | 0.78   | 0.81   | 0.83   | 0.86   | 0.88   |
| Open Circuit Voltage              | U <sub>oc</sub>  | [V]  | 151    | 151    | 152    | 152    | 153    | 153    |
| Short Circuit Current             | I <sub>sc</sub>  | [A]  | 0.92   | 0.95   | 0.98   | 1.02   | 1.04   | 1.08   |
| Normal Operating Cell Temperature | NOCT             | [°C] | 45     | 45     | 45     | 45     | 45     | 45     |

\*\* Electrical data is measured to the irradiance of 800 W/m<sup>2</sup> and a wind velocity of 1 m/s

Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .

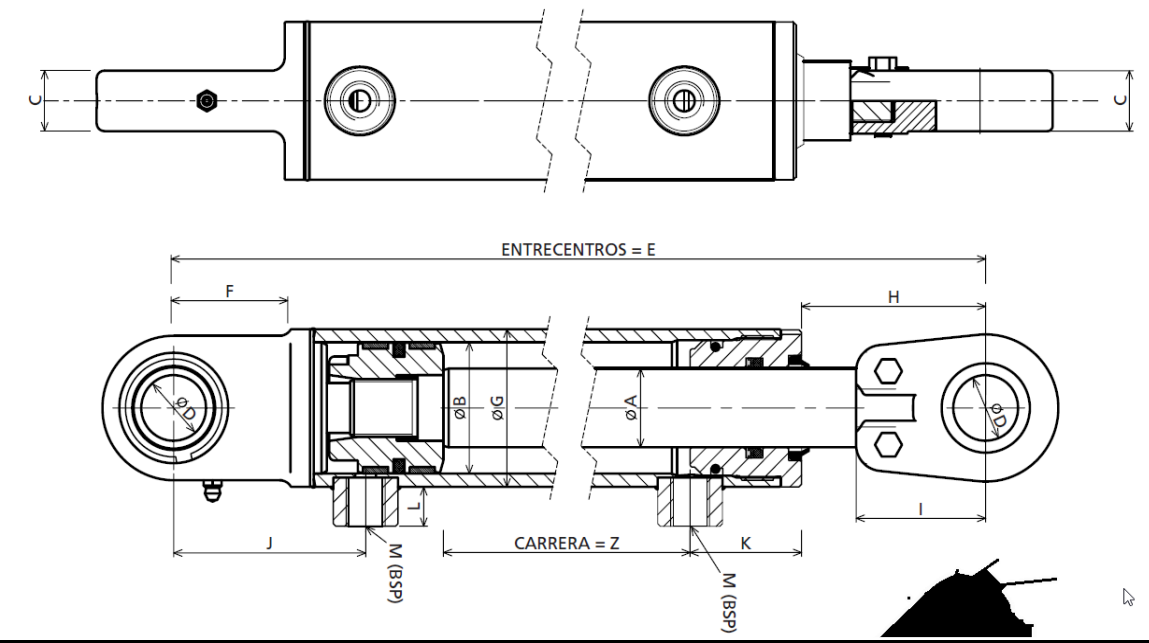
Figura 1-14.

| General Data                                                                            |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Module Type/Cells                                                                       | Micromorph (a-Si/μc-Si)/125 cells, monolithic series connection                       |
| Maximum Reverse Current                                                                 | 4 A                                                                                   |
| Maximum System Voltage                                                                  | 1,000 volt                                                                            |
| Design Certification                                                                    | IEC 61646                                                                             |
| Electrical Classification                                                               | A (IEC 61730)                                                                         |
| Product Warranty/Output Guarantee*                                                      | 5 years / 10 years on 90 % of P <sub>min</sub> , 25 years on 80 % of P <sub>min</sub> |
| * Complete and most recent terms and conditions of warranty and guarantee shall prevail |                                                                                       |
| Mechanical Data                                                                         |                                                                                       |
| Dimensions incl. Back Bars (W x H x D)                                                  | 1,100 mm x 1,300 mm x 40 mm (43.31 in x 51.18 in x 1.57 in)                           |
| Surface Area                                                                            | 1.43 m² (15.39 sq ft)                                                                 |
| Weight                                                                                  | 26 kg (57.3 lbs)                                                                      |
| Cables                                                                                  | 2.5 mm² / length 200 mm (7.87 in)                                                     |
| Connectors                                                                              | LC3 (MC3 compatible), IP 68                                                           |
| Module Mounting                                                                         | Stainless steel carrier profiles on back of module                                    |
| Maximum Angle of Inclination                                                            | 45°                                                                                   |
| Maximum Load                                                                            | 4,500 Pa                                                                              |
| Packaging Details                                                                       |                                                                                       |
| Type                                                                                    | Outer packaging of corrugated cardboard on wooden pallet (IPPC)                       |
| Packaging Unit                                                                          | 22 modules                                                                            |
| Dimensions (W x H x D)                                                                  | 1,200 mm x 1,500 mm x 800 mm (47.24 in x 59.05 in x 31.49 in)                         |
| Weight                                                                                  | 600 kg (1,322 lbs)                                                                    |

Fuente: Inventux doc.PDF entregado por profesor guía .

Figura 1-15.

Consideraciones para el cilindro hidráulico del sistema de compactación estático.



Fuente: Info. Mantención compactador Doc.Pdf entregado por profesor guía.

Figura 1-16. Funcionamiento del cilindro

| REF.    | Ø A | Ø B | Z<br>CARRERA   STROKE | E    | C  | D  | F  | G   | H   | I   | J   | K  | L  | M   | Vol. (L) | Peso (Kg)<br>Weigth |
|---------|-----|-----|-----------------------|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----------|---------------------|
| 1006/3  | 50  | 100 | 300                   | 625  | 35 | 40 | 69 | 115 | 118 | 85  | 105 | 60 | 17 | 1/2 | 2,36     | 26,37               |
| 1006/4  |     |     | 400                   | 725  |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     | 3,14     | 29,89               |
| 1006/5  |     |     | 500                   | 825  |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     | 3,93     | 33,41               |
| 1006/7  |     |     | 700                   | 1025 |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     | 5,50     | 40,45               |
| 1006/9  |     |     | 900                   | 1225 |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     | 7,07     | 47,49               |
| 1007/5  | 70  | 125 | 500                   | 920  | 40 | 50 | 88 | 145 | 137 | 105 | 128 | 80 | 20 | 3/4 | 6,18     | 65,70               |
| 1007/10 |     |     | 1000                  | 1420 |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     | 12,36    | 97,45               |

Fuente: Info. Mantenimiento compactador doc.PDF entregado por profesor guía .  
Carrera del cilindro según peso

Figura 1-17.

Características técnicas

- Presión de utilización máxima: 200 kg/cm (200 bar; 2842 psi)
- Velocidad de utilización máxima: 0,5 m/s
- Temperatura: -30° C + 90 °C
- Aceite: hidráulico mineral

Estanqueidad

Vástago

- Collarín: junta compacta termoplástica de poliuretano de doble labio
- Rascador: metálico

Pistón

- Pistón monoblock: junta de poliuretano que incorpora junta tórica más guías para un preciso y suave recorrido del pistón que facilita la disminución de las vibraciones mecánicas
- De dos piezas: elemento de resistencia elástico en caucho nitrilico de múltiples labios
- Estático
  - Junta tórica NBR 70 shore – caucho de nitrilo ( resistente al aceite para la mecanica de sellado normalizados)
  - Guía estanca freno de poliamida

Materiales

Vástago

- Acero F-1140 CROMADO (tratado y nitrurado) (20 min), tolerancia sobre el diámetro ISO f7 y dureza mínima sobre el recubrimiento de 900 HV

### Tubo

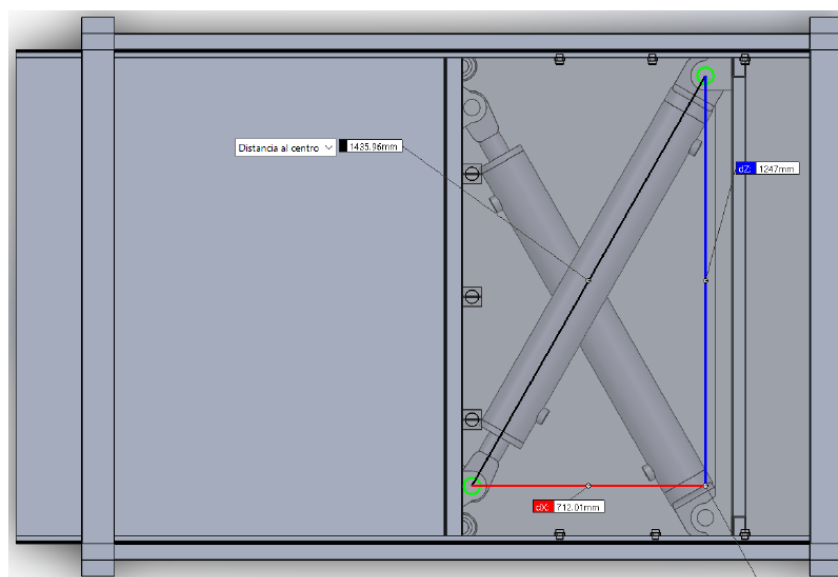
- Acero ST 52.3 BK (barras acero al carbono) según norma DIN (norma) 2393 (soldados tubos de acero)
- Acero ST 52 BK (barras acero al carbono)+5 según norma DIN (norma) 2391(soldados tubos de acero)

### Cabeza

- Acero F-1140 tratado (nitrurado)

### Componente de fuerza al inicio de la compactación

En estas condiciones es cuando existe un menor ángulo entre el cilindro y su sistema de soporte hidráulico.

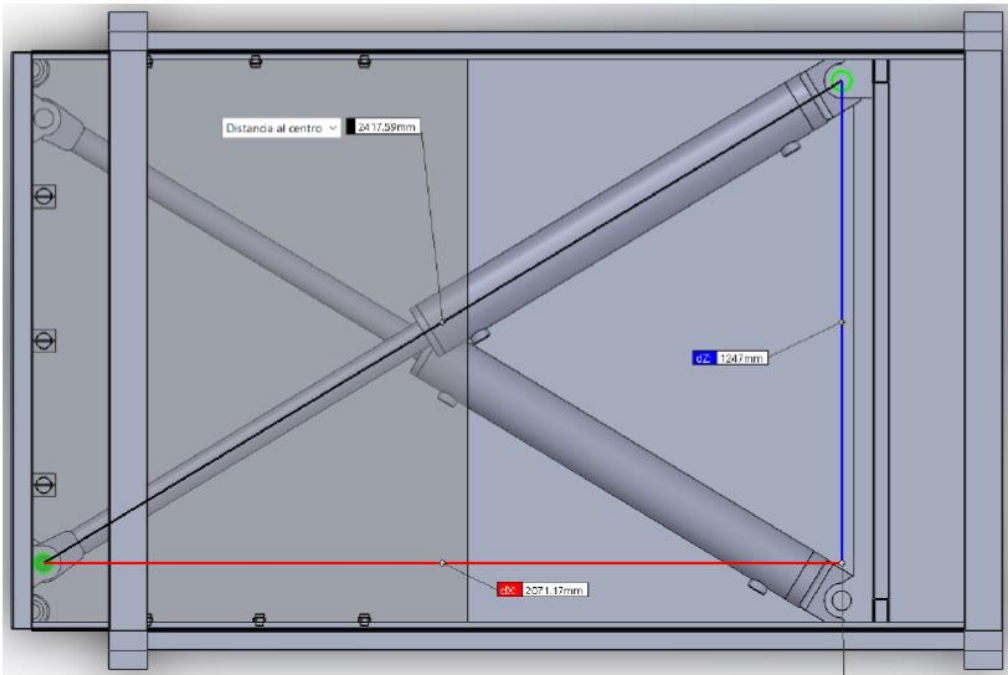


Fuente: Info. Mantenimiento compactador doc.PDF entregado por profesor guía .

Figura 1-18. Vista superior del compactador con cilindros retraídos

### Componente de fuerza al término de la compactación.

En estas condiciones es existe un mayor ángulo entre el cilindro y su sistema de soporte hidráulico y en donde se consigue la mayor extensión de los cilindros.

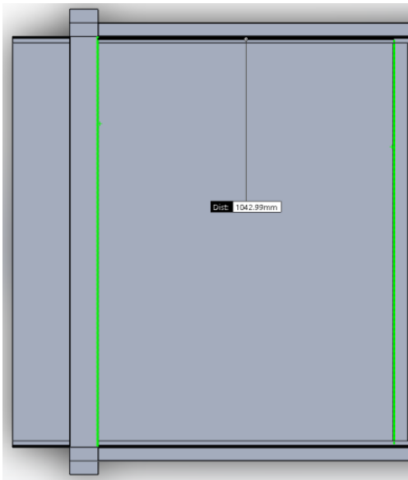


Fuente: Info. Mantenimiento compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-19. Vista superior del compactador con cilindros extendidos

Observaciones

Al realizar el diseño con cilindros hidráulicos cruzados el espacio que se gana es en la abertura para la tolva con cilindros retraídos, quedando un espacio libre de 1,56 metros cuadrados, al existir una separación de 1,04 metros entre la estructura de la compactadora y la placa de compactación.



Fuente: Info. Mantenimiento compactador doc.PDF entregado por profesor guía.

Figura 1-20. Optimización del espacio que se gana con la disposición de cilindros



**CAPÍTULO 2: DATOS PARA REALIZAR UN CORRECTO  
MANTENIMIENTO**



## 2. DATOS PARA REALIZAR UN CORRECTO MANTENIMIENTO

### 2.1. PROBLEMÁTICA DEL EQUIPO INTERVENIDO

Uno de los puntos que hace importante este estudio, es el tema de la problemática. Ya que se sabe que el compactador tiene integrado un sistema hidráulico encargado de la compactación de los residuos el cual está sujeto en el tiempo a fallas que afectaran el correcto funcionamiento del compactador en su totalidad. Las fallas más comunes en los cilindros son las siguientes:

- La instalación inadecuada: Esta es una de las fallas más comunes, esto lleva al fracaso a los sellos, como también es la limpieza, ya que estos objetos suelen bajar su rendimiento cuando no se mantienen limpios, son fáciles de dañar.
- Proteger los sellos de golpes y rasguños: Los sellos suelen ser muy delicados y se dañan fácilmente, por eso, es aconsejable cuidarlos lo máximo posible, ya que un leve rasguño o golpe puede dar el fin de la vida útil de este.
- Descomposición química de los materiales del sellado: Esto más bien va relacionado a una mala elección del material que sea usara en el sellado de los cilindros, esto debe tener un estudio por detrás para ver cual tiene que ser el material dependiendo de la función y el uso que se le dará al cilindro.
- Mala lubricación: Uno de los puntos más importantes, es mantener en óptimas condiciones el aceite que sea usara en el circuito, se debe mantener el aceite en unos niveles de limpieza según lo establecido por la norma ISO 4406. La cual explica que niveles de limpieza debe tener el aceite dependiendo de cuál sea el equipo que se está utilizando



Fuente: Eico S.A  
Cilindros con desgaste

Figura 2-1.

Se debe tener en consideración aspectos relevantes en cuanto a la limpieza porque una gran cantidad de fallas que ocurren en los sistemas oleo-hidráulicos están referidos a temas de suciedad.

## **2.2. MANTENIMIENTO A SISTEMAS HIDRÁULICOS**

Los sistemas hidráulicos son utilizados proporcionando fuerza hidráulica para un funcionamiento productivo y eficaz. La energía hidráulica utiliza el fluido hidráulico que aplica una fuerza a través de la presión transmitiéndola a los distintos componentes del sistema hidráulico de la máquina como, por ejemplo, los motores y los cilindros. Los líquidos usados en estos sistemas tienen características como la densidad y viscosidad apropiada, incompresibilidad y un buen poder lubricante. Uno de los fluidos más usados es el aceite.

En el caso del compactador usa cilindros hidráulicos que son actuadores que convierten la energía hidráulica en energía mecánica a través de la presión.

### **Mantenimiento preventivo**

Es importante mantener el sistema hidráulico de la máquina en las condiciones más óptimas, para lograr así un funcionamiento eficiente y una máxima productividad. El mantenimiento apropiado del compactador da como resultado una máquina productiva. Si no se mantiene correctamente, se garantiza poca seguridad y la posibilidad de sufrir averías. Un programa de mantenimiento periódico asegura una vida útil y prolongada del sistema aparte de mantener la seguridad dentro del ambiente en el que se trabaja.

Los beneficios que trae un mantenimiento preventivo:

- Producción eficiente
- Reducción de costos
- Reducción en los riesgos de seguridad
- Aumento en la vida útil
- Optimización del tamaño del inventario.
- Disminución en los costos de reparación

¿Cuándo y con qué frecuencia se deben efectuar las inspecciones periódicas y los trabajos de mantenimiento?

### **Inspecciones periódicas y trabajos de mantenimiento de los sistemas oleo-hidráulicos**

Esto varía según el tipo de equipo, se recomienda seguir los consejos del fabricante tanto como mecánica e hidráulica

### **Trabajos de inspección**

Están encaminados a reconocer el estado actual del compactador. Se pueden encontrar puntos de inspección diarios, mensuales, e incluso anuales y por supuesto, estas inspecciones se pueden modificar según la experiencia del responsable o al resultado de la información obtenida. Algunos de los puntos de verificación serían:

- Verificación de los niveles de aceite en el estanque
- Existencia de fugas
- Estado de los filtros
- Temperatura del aceite
- Presiones de trabajo
- Velocidad de avance

Los trabajos de mantenimiento son aquellos que se efectúan para conservar el buen estado y funcionamiento del compactador en este caso minimizando el riesgo de alguna falla y así aumentando su vida útil. En muchos casos estos trabajos pueden realizarse al mismo tiempo que los trabajos de inspección antes mencionados. Dentro de algunos de los trabajos a realizar tenemos:

- Cambio de aceite hidráulico
- Limpieza de componentes
- Sustitución de filtros
- Reemplazo de elementos hidráulicos

El mantenimiento preventivo ayudaría a reducir el mantenimiento correctivo del compactador, reduciendo el costo de reparación también es importante utilizar un GMAO (gestión del mantenimiento asistido por ordenador) para facilitar la gestión de este mantenimiento, como lo es el mantenimiento preventivo y correctivo

### 2.3. **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El enfoque del mantenimiento preventivo debe estar en: aceite hidráulico y su operación

El compactador en la actualidad se encuentra en proceso de construcción e instalación en sus respectivos lugares de trabajo, aquí se mostrará un plan de mantenimiento del tipo preventivo, ya que, al no poder tener contacto directo con la máquina, se está obligado a realizar un plan que esté basado en el método de las 5 “S” para disminuir los tiempos de fallas que tengan los cilindros y mejorar la fiabilidad del equipo. La solución que se está buscando, está basada en los planos entregados sobre los cilindros que se usaran en la maquina cuando esta esté en funcionando óptimamente.

El mantenimiento preventivo que se realiza es anual, el cambio de empaquetaduras de todos los sistemas hidráulicos, como de estabilizadoras y brazo hidráulico, revisión de bombas, los diferentes tipos de válvulas, filtros, mangueras. Este tipo de decisiones que se tomaron, no eran por alguna razón o algún estudio preventivo. No cuentan con una lista de chequeo, rutinario o periódico, lo que hace difícil o casi imposible ver en qué estado se encuentra los componentes o sistemas de la Grúa Lorain, no tiene un archivo o bases de datos, donde pueda comparar como se ha comportado la maquina a través del tiempo y si de alguna manera el mantenimiento que se lleva es efectivo y eficaz. El único estudio es un análisis de aceites al motor, sin realizar alguna comparación o estudio detallado, para entender en qué estado se encuentra el motor y si el aceite, si está cumpliendo con los estándares técnicos. Los demás sistemas hidráulicos como las estabilizadoras, la direccional y sistema del boom

El mantenimiento preventivo se orienta a evitar averías, fallas y defectos, la idea de este mantenimiento es que periódicamente se realicen unas tareas de inspección, restauración, limpieza, etc. Según un cronograma de actividades con el fin de que todo funcione perfectamente. Esto ayuda a que se puede controlar y prevenir fallas o averías a futuro.

Un plan de mantenimiento disponer de diferentes metodologías, el más frecuente es el mantenimiento predictivo, se realizan decisiones preventivas con técnicas predictiva, esto se plantea con la idea de ser más efectivo en el mantenimiento preventivo.

Las acciones preventivas pueden llegar a ser muy básicas como una inspección visual hasta acciones más compleja, cómo un análisis tribológico. Existen niveles que constituyen un mantenimiento preventivo, cada nivel muestra el grado de importancia que conlleva.

Estos niveles se tomarán en cuenta para el desarrollo de un plan de mantenimiento del compactador

### **Niveles de acciones preventivas**

Nivel 1: observación diaria. Se lleva a cabo junto con el operario. Implica la observación del funcionamiento del compactador en su ciclo normal de trabajo comprobando que todas sus funciones sean correctas

Nivel 2: observación semanal. Será realizada por el encargado de lubricación durante la operación semanal. Incluye actividades del nivel 1, con la observación adicional de la presión del aceite, el adecuado funcionamiento de lubricación, y las fugas de aceite en los 4 cilindros del compactador.

Nivel 3: inspección menor. Estará a cargo del operador de mantenimiento especialmente entrenado, con buenos conocimientos de máquinas y herramientas en sistemas eléctricos e hidráulicos de control. Esta inspección no es necesario detener la maquina incluye los niveles 1 y 2.

Nivel 4: inspección general. Incluye los niveles 1, 2 y 3, y requiere la detención de máquina. Se comprueba:

- Los retenes de los cilindros
- Verificar los sellos
- Analizar lubricación

Esta inspección general con detención de la maquina se hará cada 2 años debe planificarse con producción el paro de la máquina.

Este nivel da bastante idea de la calidad actual de la máquina y su fiabilidad. Si alguna de las pruebas indica condiciones incorrectas, se recomienda que la inspección de control de calidad (nivel 5)

Nivel 5: inspección de control de calidad. Suele ser cada año, es decir, se observa el nivel de eficiencia del compactador.

## **Inspección visual**

La inspección visual es una de las técnicas predictivas más antiguas y no destructivas, por medio de esta técnica uno puede tener información rápidamente, del estado superficial de la maquina

Debe ser personal calificado, saber de materiales, tipos de irregularidades o de imperfecciones y lo más importante como aplicar técnicas y cuál sería la más adecuada.

La orientación del análisis de vibraciones es la detección anticipada de los problemas, que permitan una mayor disponibilidad de la máquina. Un buen programa de análisis de vibraciones llevado con un buen plan de mantenimiento, puede detectar diferentes problemas en un sistema hidráulico y un subsistema como soldaduras mecánicas, rodamientos dañados, entre otros.

Las ondas de sonido estudian las ondas de baja frecuencia, producidas por los equipos que son perceptibles por el oído humano. El ultrasonido pasivo es producido fugas de fluido, pérdida de vacío, entre otros, el ultrasonido permite detección de fallas o fugas de fluido pérdidas de vacío.

El análisis de sonido permite detectar si hay algún problema y anticipar desgastes de piezas y la longevidad del equipo. Esta técnica es de gran ayuda en circuito hidráulico.

## **Análisis de lubricantes**

El aceite transporta y contiene información sobre los contaminantes y partículas de desgaste del fluido. Este análisis efectúa medidas de propiedades físicas y químicas, que suministra información con respecto al fluido, el estado del lubricante, contaminación, desgaste del mismo y de la máquina.

Este tipo de análisis permite monitorear el estado de desgaste de los cilindros del sistema de compactación, detectar fallas y poder establecer una programación de lubricación.

El análisis de aceite para la localización del punto donde se tomará la muestra debe ser el adecuado, lo ideal recomendado es instalar o colocar puertos de muestreo secundarios, por ejemplo, mediante un dispositivo fijo, donde el lubricante intervenido este en movimiento, a condiciones normales de operación, también en zonas de flujo turbulento, antes de los filtros, después de los componentes de la máquina, con la misma frecuencia, registrando las horas de operación del aceite, entre otros.

El análisis prueba que todas las fallas en sistemas hidráulicos son, resultado de la contaminación del fluido. Los contaminantes transportados en el aceite contaminan

los componentes del circuito; los cilindros hidráulicos por la corrosión producida por los ácidos que se generan debido a la oxidación del aceite y la contaminación del agua.

Nota: en este proyecto es fundamental un análisis del lubricante, esto permite ver en qué estado se encuentra el aceite y poder realizar cuanto es el promedio de disponibilidad vs horas de trabajo del aceite en el cilindro del compactador.

### **El aceite hidráulico**

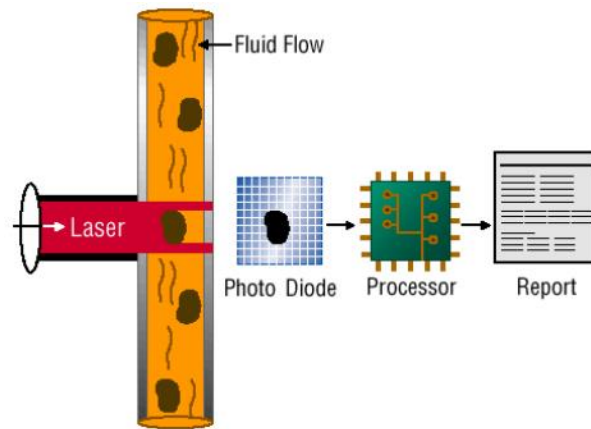
Los aceites lubricantes se deterioran con el tiempo. Las buenas practicas para el almacenamiento es contar siempre con materiales disponibles al ser necesarios, el entorno del almacenamiento afecta también en la estabilidad y vida útil estimada de lubricante, como también para prolongar la vida útil es mantener la limpieza del aceite con los filtros funcionando correctamente.

-temperatura: calor elevado, frio extremo afecta a la estabilidad del lubricante. El calor aumentara el nivel de oxidación del aceite. El frio genera cera y posibles sedimentos. La exposición alternar de frio a calor provoca aspiración de contaminación y humedad en galones Temperatura ideal entre los 0 grados Celsius y los +25 grados Celsius.

-contaminación de partículas: galones no expuestos a ser almacenados a lugares donde exista un alto nivel de partículas en el aire, especialmente cuando se vaya a almacenar en un recipiente que haya sido utilizado para ser posterior uso.

-contaminación atmosférica: el oxígeno y el dióxido de carbono afectan en su viscosidad y consistencia para que protegerlos adecuadamente con recipientes sellados hasta que se utilice.

Las fuentes internas se controlan con una adecuada ubicación y selección de los elementos filtrantes involucrados en el circuito hidráulico de los cilindros del compactador y las fuentes externas se controlan con la utilización de equipos para reposición y filtración portátiles



Fuente: [www.educarm.es](http://www.educarm.es)

Figura 2-6. Funcionamiento de un equipo contador de partículas

**Aceite seco:** en hidráulica se entiende por aceite seco el cual en su contenido de humedad es menor o igual a 300 ppm o 0.03% en volumen, también se puede aprovechar el análisis de conteo de partículas para poder tener una indicación del valor de humedad (% de saturación sin agua libre); el que se tenga pocos riesgos de alta humedad no minimiza los graves efectos que esta causa en los equipos hidráulicos.

**Aceite frio:** Esto verifica que el aceite mantenga unos niveles de temperatura adecuados para garantizar la lubricidad de los componentes involucrados, la temperatura adecuada debe ser de 50° a 60° C, valores de anormales de temperatura están asociados a:

- Bajo niveles de volumen de aceite en los depósitos
- Toma o succión de aceite

#### 2.4. MODELO DE FALLA FMECA

Los modos de falla, los efectos y el análisis de criticidad (FMECA) son métodos empleados para el análisis de confiabilidad en equipos cuyo fin es identificar las fallas y consecuencia que puedan afectar el funcionamiento del compactador en su aplicación, su análisis nos lleva a propiciar acciones de mejoramiento teniendo en cuenta la criticidad de las fallas.

Las fallas o modos de fallas de cualquiera de los elementos del sistema afectan su rendimiento negativamente.

La criticidad es una medida que combina el concepto de gravedad con las consecuencias de la falla y la tasa de ocurrencia o la probabilidad de ocurrencia de falla en tiempo periodo determinado. La gravedad de la falla por lo general se mide mediante la valoración en función a sus consecuencias.

La probabilidad o tasa de incidencia también se usa en caso de no contar con datos numéricos

### **Definiciones de términos de modelo FMECA**

**EFFECTO FALLA:** la consecuencia de cualquier falla, en términos de operación, el funcionamiento o estado de un sistema

**MODO DE FALLA:** el efecto por el cual se observa una falla. Posibles maneras en la que algún componente del sistema pueda fallar

**CRITICIDAD:** una combinación de gravedad del efecto y probabilidad de la frecuencia en la cual ocurra alguna falla

### **Modos de falla y análisis de efectos**

La técnica FMECA es de suma importancia para desarrollar programas que garanticen la confiabilidad de los equipos. Estos métodos pueden ser aplicados a una gran gama de equipos que presenten tipos de falencias. El análisis, planificación y definición se lleva a cabo de forma limitada, pero en caso de diseño y desarrollo debe ser mucho más detallada. Se debe tener en consideración que las técnicas son solo una parte de un programa de confiabilidad y mantenibilidad que requiere de muchas actividades y tareas.

### **Propósito del análisis FMECA**

Los propósitos para poder ejecutar el análisis correspondiente de modo fallan y su criticidad pueden incluir:

- Identificar fallas que causen algún efecto en el funcionamiento del sistema, como fallas críticas a la seguridad.
- Para poder cuantificar la confiabilidad y/o seguridad del sistema.
- Permitir la mejora de la seguridad del sistema y confiabilidad. Por ejemplo, las pólizas de garantía.
- Diagnóstico de fallas.
- Mejora los sistemas de mantenimiento. Visualizando las zonas de riesgo o la inconformidad del mantenimiento.

### **Objetivos del FMECA**

Reconocer y evaluar todos los efectos no deseados dentro del sistema analizado y la secuencia de acontecimientos provocados por cada modo de falla identificado.

Lograr identificar la importancia de cada modo de fallo con respecto al adecuado funcionamiento y el impacto en la confiabilidad y seguridad del proceso.

Clasificar los modos de falla identificados de acuerdo a las características incluyendo defectibilidad, diagnóstico, capacidad de prueba, punto de sustentabilidad y disposiciones del funcionamiento correcto.

Estimar el nivel de importancia de la probabilidad al fracaso aplicándolo al análisis de criticidad.

#### **2.4.1. Principios básicos del FMECA**

Al realizar los estudios es esencial tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Clasificar los elementos del sistema
- Realizar un diagrama estructural del funcionamiento del sistema y la identificación de todos los datos necesarios para realizar el FMECA.
- Un equipo al tener varios modos de falla o un modo de falla puede involucrar varios equipos, por lo tanto, conocer bien el concepto de modo de falla
- Concepto criticidad y su valoración

El método FMECA tiene vínculos con métodos cualitativos y cuantitativos de análisis dentro de los programas generales de confiabilidad. Algunos diseños de equipos

son totalmente nuevos, la gran mayoría son evoluciones de las maquinas antiguas, el análisis FMECA deberá utilizar la información existente y poder desarrollar en base a ellos las pruebas pertinentes de las nuevas piezas.

#### 2.4.2. Procedimiento del FMECA

Los sistemas diseñados tienen una gran complejidad amplia y variada que pueden llegar a requerir un desarrollo individual de los procedimientos y con coherencia en su información.

El procedimiento consta de cuatro etapas principales así:

- Definir la preparación del sistema, incluyendo el diseño la funcionalidad la operatividad el mantenimiento y el medio ambiente.
- Establecimiento de los principios básicos, efectos y la forma de su presentación
- La presentación del informe incluye análisis completo, conclusiones posteriores y recomendaciones formuladas

#### 2.4.3. Preparación del análisis

Antes de seguir con el proceso de análisis de la información, se debe tener ya definido los siguientes pasos.

- Se debe tener suficiente información sobre los sistemas a analizar y tener claridad del funcionamiento del sistema
- Se necesita que el analista presente diseñe bloques funcionales de los sistemas de acuerdo a un diagrama de jerarquía. El diagrama tiene que mostrar cómo influye la falla, el modo de falla el efecto de la falla.se debe identificar de forma explícita la estructura funcional del sistema, los límites entradas y salidas.
- A los reportes se les realiza una trazabilidad, para conocer la naturaleza de los problemas y dar recomendaciones acertadas para radicar las fallas recurrentes de raíz.

#### 2.4.4. Prioridad de riesgo

Método para poder determinar la criticidad es el número de prioridad del riesgo. El riesgo es valorado por una medida subjetiva de la gravedad de los efectos y una estimación de la probabilidad de ocurrencia por un periodo de tiempo determinado.

Algunas aplicaciones de FMECA distinguen el nivel de detección o los niveles de fallas en el sistema. En estas aplicaciones se incluye una categoría adicional para la detección de fallas.

El índice de riesgo es una manera más precisa de identificar las fallas. Una falla puede presentarse frecuentemente, pero su impacto es bajo y es fácil de detectar, en estos casos no presenta grandes problemas. Siguiendo esta consideración una falla que tenga bajísima probabilidad de ocurrencia, pero que extremadamente grave merecerá una gran detección a tiempo de las fallas.

#### 2.4.5. Aplicación del FMECA

El modelo FMECA es un método de análisis de modo de falla y criticidad que se adapta principalmente al estudio de las fallas presentadas en los materiales y equipos y que se puedan aplicar a determinados campos como lo es la parte eléctrica mecánica e hidráulica.

El modelo debe incluir las deficiencias en software y el rendimiento humano tanto en afectar la confiabilidad de los sistemas como cuando los favorezcan. El FMECA puede ser aplicado en áreas generales o específicamente en determinados equipos del área individual o agrupada.

Los requisitos del análisis FMECA son creados con base a necesidades de comprensión del comportamiento de hardware y sus implicaciones para el normal funcionamiento de los sistemas o equipos.

El FMECA es aplicable a todos los niveles del diseño del sistema, pero es mucho más apropiado para los niveles más bajos porque hay una gran cantidad de elementos involucrados y/o no hay complejidad funcional.

Recomendaciones del modelo que sea actualizado permanentemente o cada vez que exista alguna modificación en los sistemas o cambio de equipo habría problemas. El modelo FMECA proporciona información esencial para la elaboración de los procedimientos de mantenimiento y diagnóstico de fallas en los equipos y que deben ser incluidos en los respectivos manuales de funcionamiento.

Es importante tener en cuenta los fines específicos para los cuales el análisis de sus resultados va ser empleado para poder determinar el grado de importancia y control

que debe darse al sistema o equipo sobre los modos de falla y los distintos efectos que conllevan estas fallas, este análisis lleva a la planificación del modelo en términos cualitativos en los niveles específicos (sistemas, componente elemento).

## **2.5. LIMITACIONES Y DESVENTAJAS**

El modelo FMECA se considera muy eficiente, es aplicado a elementos que producen fallas en un sistema o a una de las funciones principales que conforman el equipo y sistema, sin embargo, puede ser difícil para el caso de sistemas muy complejos que relacionan varias funciones con diferentes componentes del sistema por la cantidad de información que debe recopilarse y ser considerada.

## **2.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Criticidad es la combinación de la severidad de un efecto y la probabilidad o la frecuencia esperada de su ocurrencia. El obtenerse el grado de criticidad de una falla esta cuantificación nos da pautas para la toma de decisiones sobre las acciones correctivas necesarias y la prioridad que se les debe dar.

La criticidad está evaluada por una medida subjetiva de la gravedad de los efectos de la falla y una especulación de la probabilidad o la frecuencia esperada de la ocurrencia. Al obtener los datos confiables el análisis puede ser utilizado para determinar si los efectos en particular son aceptablemente menores.

A cada elemento o equipo analizado debe tenerse en cuenta el grado de severidad que va desde el más simple al grado más catastrófico es importante para el análisis tener en cuenta la afectación que se llegase a presentar en caso de ocurrir la falla como es la afectación o daños posibles tanto como a personas, a planta y/o económicos. Cada efecto debe ser asociado a un grado de criticidad apropiado. La probabilidad o la frecuencia del evento se calcula a partir de los datos históricos de las fallas, los cambios del medio ambiente donde se encuentra el equipo, la proporción del tiempo transcurrido entre otros. El grado de severidad y la frecuencia o probabilidad para cada efecto constituyen la criticidad de los efectos.

Sin embargo, es importante señalar que no existe una definición universal estándar de la criticidad, esta se define por el especialista que realiza el análisis de

acuerdo a la valoración del impacto de las fallas. Se presentan distintas definiciones entre los diferentes medios de aplicación.

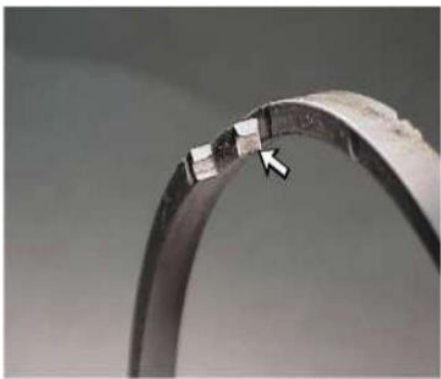


Fuente:www.gos.com  
Sellos en mal estado

Figura 2-7.

Este sello presenta estiramiento por el lado dinámico esto podría ocurrir por distintas fallas tanto de montaje como de que solo se venció debido a su uso.

Descomposición química del material de sellado es más a menudo el resultado de la selección del material incorrecto. La aplicación incorrecta o el uso de material no compatible pueden conducir a un ataque químico en el sello de los aditivos líquidos y la reducción de la oxidación de los elementos de sello. De descomposición química puede resultar en la pérdida de la junta de labio, de ablandamiento de dureza sello. La decoloración de la junta también puede ser un indicador de ataque químico.



Fuente:www.gos.com  
Sellos en mal estado

Figura 2-8.

Fallas por fractura del sello esto es debido a fatiga de material por el trabajo que realiza o su sobre exigencia, el sello no soporta la carga aplicada

La degradación de calor es la pérdida de eficacia de sellado, sistema de compresión excesiva y pérdida de material de sellado. Las causas de esta condición puede ser el uso de material inadecuado, la fricción dinámica de alta, la carga excesiva de los labios, sin autorización del talón y el calor del exterior. Los problemas de degradación de calor pueden implicar la reducción de la inferencia los labios de obturación, el aumento de la lubricación, o un cambio en el material de sellado



Fuente: [www.gos.com](http://www.gos.com)

Cilindro en mal estado

Figura 2-9.

### **Cilindros**

Verificar fugas internas, las cuales se prueba reduciendo la velocidad de desplazamiento o por pérdida de potencia.

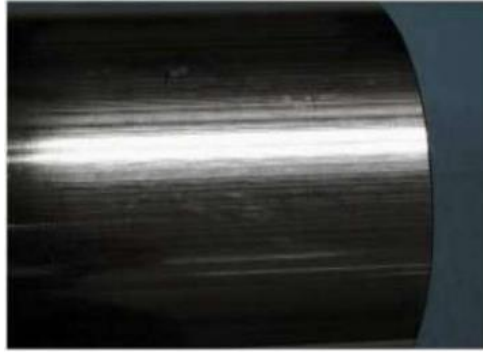
Verificar fugas externas, los cuales se pueden detectar por pérdidas de fluido en diferentes partes del cilindro, esta ocasiona pérdidas de velocidad, pérdida de potencia y consumo de aceite

### **Desgaste**

Muchas de las fallas en un sistema hidráulico muestran síntomas similares:

Gradual o repentina pérdida de presión, resultando en pérdida de fuerza o velocidad en los cilindros, incluso sin moverse ante cargas ligeras.

Frecuentemente la pérdida de potencia es acompañada de un incremento en el ruido de la bomba



Fuente:www.gos.com

Fallas en los vástagos de los cilindros

Figura 2-10.

El vástago del cilindro presenta ralladuras por los contaminantes de óxido de aluminio, que fueron atrapados por la banda de desgaste de la cabeza.

## 2.7. **TABLA FINAL DESARROLLADA A TRAVÉS DEL MÉTODO FMECA**

Nombre del sistema: Proyecto “evoluciona” FIC-R 2015

Sistema analizado: Sistema hidráulico.

Equipo: Compactador de basura alimentado por energía fotovoltaica.

Hoja N° 1 de 1

Fecha: 31 de julio de 2017

Niveles de criticidad:

- **I.** Insignificante, el efecto sobre la confiabilidad y/o disponibilidad del equipo es mínima.
- **II.** Menor, no afecta la seguridad, pero si la confiabilidad y/o disponibilidad del equipo.
- **III.** Mayor, no afecta la seguridad, pero si la confiabilidad y/o disponibilidad del equipo de manera importante
- **IV.** Crítica, la seguridad se ve afectada.

|                          | Cilindros hidráulicos doble efecto                                                        | Bomba de paletas                                                                                                                | Divisores de caudal                                                                        | Sensores de posición                                                                              |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Función                  | Movimiento de las paredes de compactación y apertura de salida                            | Movimiento de aceite hidráulico desde el estanque a los compartimientos                                                         | Divide el caudal en múltiples salidas y proporcionalmente                                  | Activa las salidas y entradas de los cilindros hidráulicos.<br>Funciona junto a un sistema de PLC |
| Modos de fallas y causas | Rallado o flectado (muchacha carga lo cual produce fatiga y desgaste) Daño en el vástago. | Déficit de flujo.<br>Desgaste de la bomba.<br>Aceite y filtros en mal estado.<br>Fugas internas y en los sellos.                | Fluidos, cavitación.                                                                       | Aumento de temperatura.<br>Desconfiguración<br>Golpes.                                            |
| Efectos locales          | Genera lentitud.<br>Mal funcionamiento.<br>Aumento de Temperatura.                        | Bajo rendimiento hidráulico.<br>Baja velocidad de trabajo.<br>Aumento de temperatura en el aceite.<br>Problemas con los sellos. | Fluido hidráulico desproporcionado.                                                        | Deshabilitara la lógica del sistema PLC.                                                          |
| Daño                     |                                                                                           |                                                                                                                                 |                                                                                            |                                                                                                   |
| Próximo nivel            | Mal funcionamiento en las paredes compactadoras                                           | Funcionamiento lento de dirección                                                                                               | Los cilindros tendrán movimientos descoordinados y la bomba no alimentara todo el sistema. | PLC no funcionará correctamente ya que no recibirá las señales predeterminadas.                   |

Tabla 2-2.

Fuente: Tabla desarrollada

|                           | Cilindros<br>hidráulicos<br>doble efecto                                                  | Bomba de<br>paletas                                                                                         | Divisores de<br>caudal                                                                                                                                                            | Sensores de<br>posición                                                                                                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Efectos finales           | No genera la fuerza requerida para compactar residuos sólidos.                            | Detención del equipo por un movimiento lento y defectuoso                                                   | El compactador no realizara la carrera necesaria para completar el trabajo                                                                                                        | No se completará la función del compactador, los cilindros no funcionarán adecuadamente.                                   |
| Método de detección       | Aceite en mal estado. Lentitud al funcionar. Aumento de temperatura. No mantiene presión. | Aceite quemado u oscuro. Aumento de temperatura. Lentitud de trabajo.                                       | Cilindros no funcionan correctamente al no estar alimentados proporcionalmente por la bomba.                                                                                      | Movimientos de los cilindros a destiempo o simplemente no funciona el sistema.                                             |
| Acciones correctivas      | Cambio de sellos.<br>Cambio de aceite.<br>Limpieza                                        | Cambiar partes deficientes.<br>Cambio de sellos<br>Cambio de filtros<br>Cambio de bomba (si se requiere).   | Reemplazar los divisores de caudal<br>Cambiar partes dañadas.                                                                                                                     | Cambio de sensores.                                                                                                        |
| Clasificación de gravedad | III                                                                                       | IV                                                                                                          | II                                                                                                                                                                                | IV                                                                                                                         |
| Observaciones             | Afectará en el rendimiento de la máquina y no cumplirá su función específica.             | Sin la bomba, no se puede distribuir el fluido hidráulico lo cual inhibe el funcionamiento del compactador. | Al fallar los divisores de caudal, el sistema hidráulico no estará alimentado por completo por lo cual uno o más cilindros dejarán de funcionar o no cumplirán su función al 100% | Si los sensores fallan, el sistema PLC no funcionara correctamente y el compactador no trabajara a los tiempos requeridos. |

Tabla 2-2.1

Fuente: Tabla desarrollada

### **CAPÍTULO 3: MANTENIMIENTO AL SISTEMA HIDRÁULICO**



### 3. MANTENIMIENTO AL SISTEMA HIDRÁULICO

#### 3.1. SISTEMA HIDRÁULICO

Las unidades de potencia son sistemas hidráulicos complejos integrados en un dispositivo compacto de menor dimensión. Son requeridos y utilizados al querer levantar, empujar, o mover un sistema mecánico. Estos dispositivos hidráulicos cuentan con un motor eléctrico, una bomba, un tanque, entre otros dispositivos preparados para ser conectados a dos cilindros en este caso.

##### 3.1.1. Aceite hidráulico

Se deberá realizar un análisis para una correcta decisión a la hora de la elección del aceite hidráulico que circulará por el sistema. Los valores de viscosidad están siempre referenciados a un rango de temperatura de operación que deberá venir determinado por el fabricante, en el caso de que no fuera así se regirá por el sistema de clasificación ISO el cual establece dicho rango entre 40 y 100 grados Celsius.

Atendiendo a valores típicos de viscosidad e función de las bombas

- Engranajes: Hay que realizar una distinción entre engranajes internos y externos
  - Internos: Permiten elevados rangos de viscosidad, siendo el valor máximo de viscosidad igual a los 2200 cSt (unidad centisko)
  - Externos: En este caso el rango es algo limitado ya que su valor máximo asciende sólo hasta los 300 cSt (unidad centisko)
- Bomba de paletas: El rango de viscosidades típico comprende desde los 14 hasta los 160 cSt (unidad centisko)
- Pistones: La viscosidad típica, es entre los 15 y los 160 cSt (unidad centisko)

Estos valores están referidos a la unidad centistoke (cSt). Para realizar la conversión de esta unidad al sistema internacional:

$$1 \text{ c} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

### 3.1.2. Bombas

En un sistema hidráulico, la bomba convierte la energía mecánica de rotación en energía hidráulica (potencia hidráulica) generando así el movimiento del fluido al sistema.

Todas las bombas funcionan según el mismo principio, generando un aumento en el volumen de entrada y disminuyendo el de salida, los distintos tipos de bombas varían mucho en cuanto a método y sofisticación.

#### 3.1.2.1. Bombas de paletas

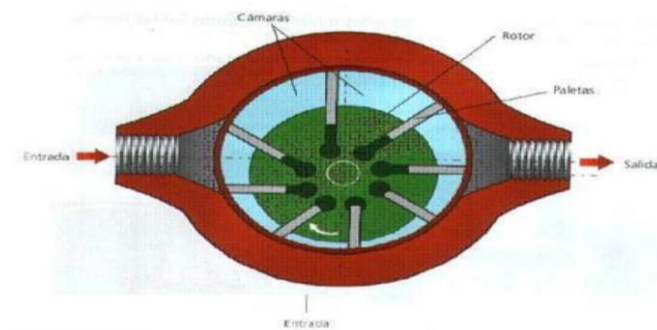
- Se compone de un rotor que gira dentro de una carcasa y de las paletas que se encuentran en unas ranuras que tiene el rotor, con posibilidad de desplazarse radialmente.
- Se divide en dos grupos, bombas de una carrera y bomba de dos carreras.
- Oscilan entre 5 y 100 cm<sup>3</sup>. pueden ofrecer presiones de servicio de hasta 150 bar.
- Son muy sensibles al nivel de limpieza del aceite. Un aceite con partículas en suspensión podrá originar una avería en la bomba.

#### **Bombas de paletas de una carrera**

El rotor está descentrado de la carcasa.

Al girar succiona el fluido desde la entrada de la bomba, generando al girar unos espacios o cámaras entre las paredes del rotor, del estator y las paletas.

Cuando este espacio comienza a comprimirse la bomba deja de salir por el orificio de salida



Fuente: [www.hidramaq.com](http://www.hidramaq.com).

Figura 3-1.

las paletas salen radialmente, apoyándose en la carcasa.

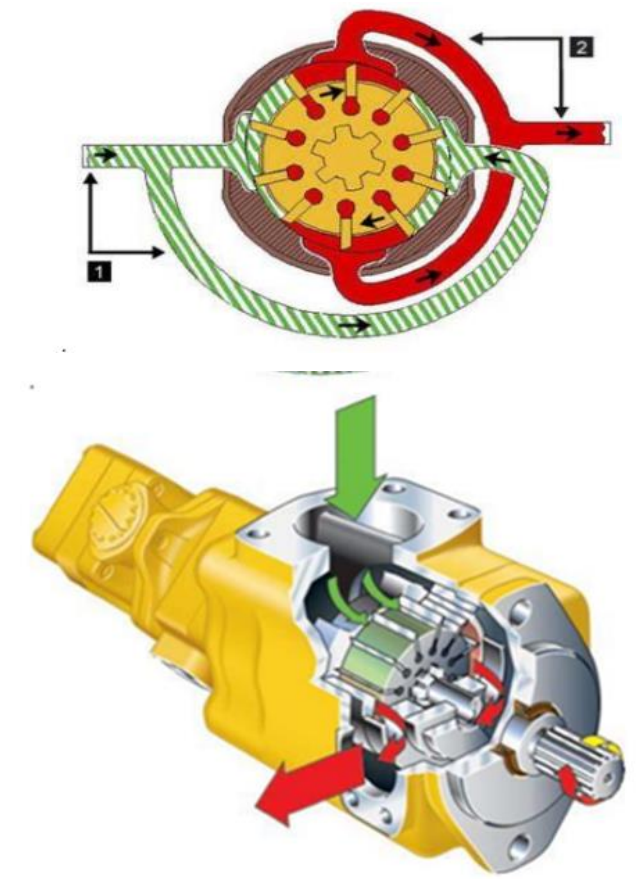
La forma de salir es debida a la entrada de aceite al motor dentro del rotor, asegurando en todo momento que la paleta apoya en la carcasa.

### **Bomba de paletas de dos carreras**

Estas bombas tienen una carcasa o estator ovalado o doble excéntrico.

Con dos entradas y dos salidas, se sitúa un estator de palas en el centro, generando dos zonas de cámara más amplia.

El resto del funcionamiento es similar al de la bomba anterior a la de una carrera, con solo diferencia en que realiza dos procesos por cada ciclo como se puede apreciar en la figura 3-2.



Fuente: [www.hidramaq.com](http://www.hidramaq.com)

Bomba de paletas

Figura 3-2.

El volumen de las cámaras dentro de una bomba de paletas lo determinan las dimensiones del anillo excéntrico y la medida transversal.



Fuente: [www.hidramaq.com](http://www.hidramaq.com).

Desarme bomba de paletas

Figura 3-3.

### **Bomba de paletas**

El funcionamiento de esta bomba consiste en desplazar el estator de tal forma que variamos la excentricidad entre el rotor y estator.

De esta manera variamos el caudal de la bomba, variando el volumen de las cámaras.

Estas bombas son de una sola carrera y disponen de tres dispositivos de posicionamiento:

- Tornillo de posicionamiento para cilindrada
- Tornillo de ajuste de altura
- Tornillo de ajuste de máxima presión

El volumen de las cámaras de desplazamiento se reduce hasta que el caudal a la salida de la bomba sea nulo.

La bomba mantiene la presión en el circuito según como tengamos ajustado los tornillos de regulación.

Estas bombas pueden ser de mando directo, como la que hemos explicado, o piloteadas.

Estas últimas no varían mucho de las de mando directo, solo en que el dispositivo de pilotaje que emplean para variar el estator se mueve mediante pistones de posicionamiento cargados previamente con presión.

Estos pistones tienen diferente diámetro, siendo el más grande el que se dedica a que la bomba se encuentre en una posición excéntrica.

### 3.1.3. Transmisión de Potencia

Como transmisión de potencia, el líquido debe fluir con facilidad a través de las líneas y orificios de los elementos hidráulicos. La resistencia al flujo crea pérdidas de potencia considerables.

El fluido debe ser también tan incompresible como sea posible, a fin de que cuando se arranque una bomba o se cambie de posición una válvula, la acción sea instantánea.

### 3.1.4. Fluidos Hidráulicos

El fluido hidráulico tiene cuatro finalidades principales: transmitir potencia, lubricar las piezas móviles, sellar las tolerancias entre una y otra y disipar el calor. Y para cumplir con estas principales finalidades debe tener propiedades importantes como:

#### **Propiedades de los fluidos hidráulicos**

- Viscosidad apropiada
- Variación mínima de viscosidad con la temperatura
- Estabilidad frente al cizallamiento
- Baja compresibilidad
- Buen poder lubricante
- Buena resistencia a la oxidación
- Características anticorrosivas

### 3.2. LUBRICACIÓN

La selección y el cuidado que se tenga con el fluido hidráulico de un sistema tienen un efecto importante sobre su funcionamiento y sobre la duración de sus componentes hidráulicos.

En la mayoría de los elementos hidráulicos, la lubricación interna la proporciona el fluido. Los elementos de las bombas y otras piezas desgastables se deslizan unos contra otros sobre una película de fluido.

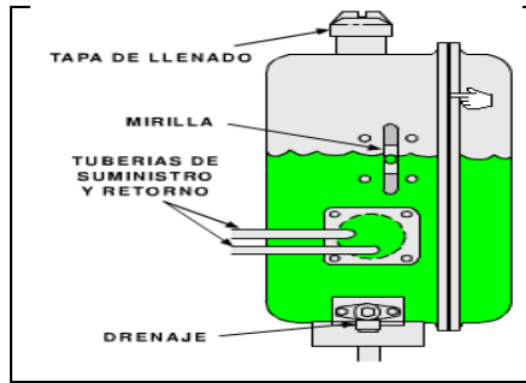
Para que la duración de los componentes sea larga, el aceite debe contener los aditivos necesarios para asegurar buenas características anti desgaste. No todos los aceites hidráulicos contienen estos aditivos. Además, estos aceites proporcionan una buena protección a la oxidación. Estos aceites se conocen como “aceites hidráulicos tipo anti desgaste”.

Los aceites para cárter de automóvil tipo MS, viscosidad SAE 10 W Y 20-20 W, son excelentes para los servicios hidráulicos severos cuando no hay o hay muy poca agua. El único inconveniente es que sus aditivos detergentes tienden a emulsionar el agua con el aceite e impiden su separación, incluso durante mucho tiempo.

#### 3.2.1. Depósito o Tanque de Aceite

El depósito o tanque es un elemento indispensable en circuitos hidráulicos y sirve para el almacenamiento del fluido hidráulico.

Otra función es actuar como cámara de expansión que acepta los cambios de volumen del fluido en el circuito principal, debido a las diferencias volumétricas producto del accionamiento de cilindros hidráulicos y los elementos que intervengan en el mismo circuito. En general, en su diseño se acomoda, por lo que a veces forma parte de la propia estructura de las máquinas, y en otras constituyen depósitos independientes o son complementarios de la bomba. Esta última opción es bastante frecuente y, en ciertos casos, la bomba va sumergida en el fluido hidráulico. Debe tenerse en cuenta, además que las condiciones de montaje de la bomba en el depósito pueden afectar el funcionamiento correcto de elementos sensibles a la vibración, y por tal motivo habrá que aislar bien el conjunto, para que no se comunique la vibración de la bomba a la máquina.



Fuente: Info. Lubricación de sistemas hidráulicos doc.PDF.

Figura 3-4. Elementos de un depósito de aceite

### 3.2.2. Tamaño del Depósito

Un tanque grande siempre es lo más adecuado para enfriar el aceite y poder separar los contaminantes. Como mínimo, el tanque debe soportar todo el fluido que el sistema requiere y mantener el nivel lo suficientemente alto para evitar el efecto de un remolino en la línea de entrada de la bomba. Si esto ocurre el aire entrará junto con el fluido.

La expansión del fluido debido al calor que se genera por el funcionamiento del sistema hace que cambie el nivel del aceite dentro del tanque. El interior del tanque está expuesto a la condensación de la humedad, esto junto con la cantidad de calor que se genera en el sistema son factores que hay que considerar. Al equipo industrial se acostumbra proveerlo con un depósito que tenga dos o tres galones de líquido por cada galón por minuto de desplazamiento de la bomba. El estanque consta de un estanque de 400 litros de capacidad, el cual trabaja con una cantidad de aceite entre 200 y 300 litros.

### 3.2.3. Filtros

Los fluidos hidráulicos se mantienen limpios en el sistema principalmente con aparatos tales como filtros y coladores. Los tapones magnéticos también se usan en algunos tanques para atrapar partículas de hierro o acero que lleva el fluido. Partículas tan pequeñas como de 1-5 micrones tienen un efecto degradador causando fallas en los sistemas servo y apresurando el deterioro del aceite. Un filtro es un aparato cuya función principal es la retención, por medio de un medio poroso de contaminantes insolubles del fluido. Simplificando, ya sea que el aparato sea un filtro o un colador su función es atrapar los contaminantes del fluido que pasan a través de él. El “medio poroso”

simplemente se refiere a una malla o material filtrante permitiendo que el fluido pase a través de él, pero detiene los otros materiales.



Fuente: Info. Lubricación de sistemas hidráulicos doc.PDF.

Figura 3-6.

Teóricamente los filtros hacen falta en todos los elementos delicados, sin embargo, a la hora de la selección de los mismos se suelen situar a tres lugares:

- Entrada de las bombas (alimentación del circuito)
- Línea de presión a la salida de la bomba, a la entrada de válvulas o actuadores,
- En el retorno, para evitar que vuelvan las impurezas que se generaron en el proceso por la fricción de los componentes móviles de la maquinaria al depósito.

Otras disposiciones típicas de los filtros:

- filtro de venteo, respiración o de aire: Situado en los respiradores del equipo, permite limitar el ingreso de contaminación procedente del aire.
- filtro de llenado: se instalan, de manera similar a los filtros de respiración o de aire, en la entrada del depósito habilitada para la reposición del fluido hidráulico de manera que permiten su filtración y la eliminación de posibles contaminantes que se acumulan en la línea de llenado de un sistema centralizado.

Existen distintos tipos de filtros: respiradores, matices, captadores magnéticos, filtros de mallas, etc. La principal misión es absorber:

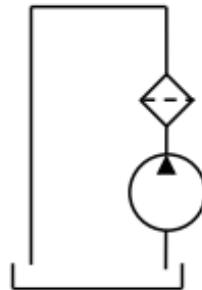
- Polvo, impurezas y vapores atmosféricos.
- Extractos metálicos debido al desgaste de los distintos elementos del circuito.
- Gomas

El polvo es un aspecto que se da en depósitos abiertos al aire libre, sin embargo, los otros dos puntos son inherentes a cualquier circuito bien sea por la fabricación de los distintos elementos o por el movimiento entre los distintos elementos.

En cualquier caso, las impurezas, independientemente del tipo que sean, tienden a depositarse en cavidades de los componentes creándose así grandes pérdidas de carga.

Existen dos formas clásicas de instalar los filtros en un circuito:

- De manera individual. Esto es, poniendo los filtros utilizados en cada uno de los puntos que requieran un tratamiento especial como son las aspiraciones o entrada de las bombas, en la salida de las mismas (filtro de presión) y a la salida de los intercambiadores de energía como son cilindros (filtros de retorno).
- Circuito riñón: se trata de un circuito independiente del principal que consta de una bomba y de un filtro. Este circuito se encuentra de manera constante. Sin embargo, la presencia de este no excluye tener que posicionar los filtros en la aspiración de las bombas del circuito principal.



Fuente: Info. Lubricación de sistemas hidráulicos doc.PDF.

Figura 3-7.

Ahora el tema de la clasificación que realizan los fabricantes para poder elegir estos elementos hay que basarse en la capacidad de filtración de los mismos, tienen una clasificación por micras (Micron Ratin en inglés). La clasificación por micras es una manera generalizada de indicar la capacidad de un filtro para poder eliminar contaminantes de acuerdo con el tamaño de las partículas de este.

Ejemplo de un filtro clasificado de 5 micras tiene capacidad para poder contener partículas de hasta 5 micras.

Métodos que permiten realizar la clasificación de los filtros:

- clasificación Nominal: Indica que el filtro es capaz de capturar un porcentaje dado de partículas del tamaño establecido en la clasificación. Por ejemplo, un filtro tiene capacidad nominal de atrapar el 90% de las partículas de las partículas de 5 micras.
- clasificación Beta: De múltiples pasos ha sido elegida por bastantes fabricantes para filtros utilizados en transmisión de potencia; hidráulicos para control, transmisiones, dirección hidráulica, etc.

El ultimo método es el más utilizado por los fabricantes será el que se desarrollará ahora con mayor profundidad.

La prueba utilizada para la clasificación Beta requiere un contaminante especial clasificado dependiendo del tamaño que se adhiere a regularmente en cantidades medidas al fluido que se bombea continuamente a través del filtro. Se debe tomar muestra del fluido aguas arriba y aguas abajo del filtro a intervalos de tiempo preestablecidos.

Se mide el tamaño de las partículas y la cantidad de cada tamaño o rango de tamaños de partículas.

$$\beta = \frac{\text{Partículas de 5 micras y mayor corriente arriba}}{\text{Partículas de 5 micras y mayor corriente abajo}}$$

### 3.3. MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA LUBRICACIÓN

Los sistemas hidráulicos se utilizan en innumerables aplicaciones industriales, sea como transmisores de fuerza o como elementos de control. Podemos dar como ejemplo las prensas hidráulicas, elementos hidráulicos de máquinas herramientas, en transmisión hidráulica, cilindros hidráulicos etc. La correcta elección del aceite a usar en un sistema hidráulico es muy importante para el buen funcionamiento del mismo, pues se obtendrá una más rápida aplicación de la carga, facilidad del control de la velocidad de aplicación de dicha carga y permitirá un rápido incremento o cambio de dirección de la fuerza.

Las propiedades que se deben tener en cuenta para poder escoger un lubricante correcto y adecuado son las siguientes:

3.3.1. Viscosidad

Es de suma importancia que el aceite posea la viscosidad apropiada a la temperatura de trabajo. Es conocido el hecho de que la viscosidad varía con la temperatura, determinando que un aceite sea menos viscoso cuando se lo calienta, espesándose cuando es enfriado. En primer lugar, estos fluidos deben lubricar elementos móviles que usualmente están diseñados con tolerancias estrictas, por lo que el lubricante deberá poseer la viscosidad adecuada para este propósito. Además, el aceite necesita tener la suficiente viscosidad como para producir un cierre hermético.

Por otra parte, la viscosidad no puede ser en una cantidad excedida, ya que se pueden crear resistencias innecesarias y se producirá un gasto inútil de energía en el sistema.



Fuente: [www.widman.biz](http://www.widman.biz).

Tipos de viscosidad en aceites

Figura 3-8.

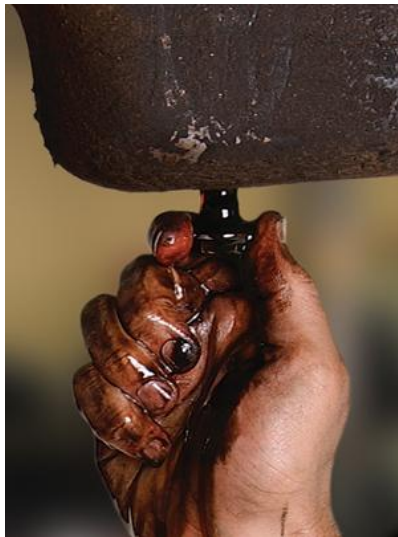
3.3.2. Índice de Viscosidad

Asociado con la viscosidad está el índice de viscosidad (I.V.) que nos indica la mayor o menor variación de la viscosidad del aceite con los cambios de temperatura. A mayor I.V. menor variación de la viscosidad, con cambio de la temperatura. Por lo tanto, en todo sistema hidráulico con amplias variaciones de temperatura, se debe recurrir a aceites de alto I.V., de manera de mantener un rango de viscosidad óptimo a todas las temperaturas de operación.

### 3.3.3. Estabilidad a la oxidación

Esta propiedad da un índice de la resistencia del aceite a las deterioraciones químicas que se producen cuando se encuentra en presencia de aire, manifestándose generalmente en la formación de lodos perjudiciales.

Con respecto a esto, algunos aceites tienen mayor resistencia a la oxidación que otros, lo cual es importante a la hora de escoger un lubricante adecuado. Los daños causados por la oxidación pueden interferir seriamente en la performance de un sistema hidráulico, pues los productos generados pueden llegar a trabar el accionamiento normal de las válvulas y a taponar las líneas y filtros, siendo su reparación una operación engorrosa y costosa.



Fuente: [www.widman.biz](http://www.widman.biz).

Figura 3-9.

### 3.3.4. Punto de escurrimiento

Cuando la temperatura ambiente o la temperatura inicial es baja, se debe tener la seguridad de que el aceite fluirá y alimentará adecuadamente la succión de la bomba. El punto de escurrimiento de un aceite es la más baja temperatura a la cual escurre el mismo.

- Prácticamente, todos los aceites hechos a base de petróleo, tienen componentes parafínicos que son deseables desde el punto de vista del lubricante, pues aumentan el índice de viscosidad del aceite y su resistencia a la oxidación; sin

embargo, cuando hay bajas temperaturas estos tienden a cristalizarse lo que impide que el aceite fluya.

- Existen aceites de bajo punto de escurrimiento natural, mientras que otros, especialmente los de alto índice de viscosidad poseen un mayor punto de escurrimiento por lo que a éstos se les adiciona aditivos depresores del punto de escurrimiento. En el caso de aceites hidráulicos, el aceite elegido debe tener un punto de escurrimiento más bajo que la más baja temperatura ambiente a la cual debe operar el sistema hidráulico.

### 3.3.5. Cilindros hidráulicos

Se fabrican tipo simple efecto o doble efecto. Estos cilindros se los utiliza para accionamiento de dirección, control remoto o movimientos auxiliares de maquinaria agrícola, vial, equipos de higiene urbana, etc. Existe una línea de cilindros “estándar” y otra línea de cilindros “especiales” que permiten cubrir una amplia gama de aplicaciones. Se fabrican con diámetros interiores de tubo hasta 125 mm. y carreras hasta 2500 mm. Las presiones de trabajo están en el orden de los 210 Bar.

### 3.3.6. Control del nivel de aceite

Controlar siempre el nivel del aceite antes de utilizarla. Para tranquilidad utilizar solo y exclusivamente aceite hidráulico y controlar cuidadosamente que durante estas operaciones no vuelva a entrar en el depósito sustancias o impurezas que en cualquier modo pueden dañar el aparato.

### 3.3.7. Sustitución del aceite

La sustitución del aceite hidráulico debe ser cada 250 horas de trabajo o más frecuentemente, en función de las condiciones ambientales. El tipo de aceite y las recomendaciones están en el punto anterior.

### 3.3.8. Sustitución del Filtro de Aire

Limpiar el filtro de salida de aire (silenciador) frecuentemente. Sustituirlo cada 250 horas de trabajo o más frecuentemente en función de las condiciones ambientales.

¿Cómo fallan los filtros

En cada una de las situaciones, el aceite contaminado se desvía y no pasa por el filtro:

- Los filtros se tapan
- Los filtros se deforman
- Los filtros no se sientan bien

¿Por qué fallan los filtros

- Daños externos
- No se presta atención a los intervalos de servicio del filtro
- Instalación incorrecta
- Contaminantes raros
- Fallas de componente

#### 3.3.9. Búsqueda de roturas

El mantenimiento de la bomba y de los componentes del sistema conectado debe ser efectuado por técnicos expertos y calificados. El funcionamiento errado pueda dañar sucesivamente cualquier componente y ocasionar daño a la cosa o a la persona. Para determinar el origen del problema es necesario incluir en el procedimiento de diagnóstico todos los componentes del sistema en uso. Las informaciones que damos a continuación, son de ayuda para determinar el tipo de problema.

A continuación se muestra una tabla que representa cada uno de los problemas que pueda tener los cilindros hidráulicos del compactador junto a una posible causa y su respectiva solución para resolver el problema.

| PROBLEMA                                        | POSIBLE CAUSA                                 | SOLUCION                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El cilindro no avanza al bombear.               | Falta de aceite en el depósito de la bomba.   | Revisar el nivel.                                                                                                     |
|                                                 | Incorrecta conexión de enchufes.              | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Mal funcionamiento de la bomba.               | Revisar instrucciones de la bomba.                                                                                    |
|                                                 | Válvula de accionamiento de la bomba abierta. | Cerrar la válvula.                                                                                                    |
|                                                 | Carga superior a la capacidad del sistema.    | Utilizar el cilindro apropiado.                                                                                       |
|                                                 | Fugas en las juntas.                          | Sustituir las juntas por nuevas.                                                                                      |
| El cilindro no avanza correctamente.            | Falta de aceite en el depósito de la bomba.   | Revisar el nivel.                                                                                                     |
|                                                 | Incorrecta conexión de enchufes.              | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Mal funcionamiento de la bomba.               | Revisar instrucciones de la bomba.                                                                                    |
|                                                 | Aire en el sistema hidráulico.                | Purgar el aire del circuito.                                                                                          |
|                                                 | Manguera bloqueada.                           | Revisar las conexiones y ausencia de curvaturas o carga en ellas.                                                     |
|                                                 | Fugas en las juntas.                          | Sustituir las juntas por nuevas.                                                                                      |
|                                                 | Fugas en las conexiones.                      | Revisar las conexiones.                                                                                               |
| El cilindro no alcanza o no retiene la presión. | Mal funcionamiento de la bomba.               | Revisar instrucciones de la bomba.                                                                                    |
|                                                 | Fugas en las conexiones.                      | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Fugas en las juntas.                          | Sustituir las juntas por nuevas.                                                                                      |
| El cilindro no retorna.                         | Demasiado aceite en el depósito de la bomba.  | Revisar el nivel.                                                                                                     |
|                                                 | Válvula de accionamiento de la bomba cerrada. | Abrir la válvula.                                                                                                     |
|                                                 | Incorrecta conexión de enchufes.              | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Manguera bloqueada.                           | Revisar las conexiones y ausencia de curvaturas o carga en ellas.                                                     |
|                                                 | Cilindro averiado.                            | Reparar el cilindro o sustituirlo por uno nuevo, bien por personal cualificado o por LARZEP o sus Servicios Técnicos. |
| Fuga de aceite en el cilindro.                  | Juntas defectuosas.                           | Sustituir las juntas por nuevas.                                                                                      |
|                                                 | Conexiones sueltas.                           | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Cilindro averiado.                            | Reparar el cilindro o sustituirlo por uno nuevo, bien por personal cualificado o por LARZEP o sus Servicios Técnicos. |
| Fuga de aceite por la válvula de seguridad.     | Incorrecta conexión de enchufes.              | Revisar las conexiones.                                                                                               |
|                                                 | Enchufe defectuoso.                           | Sustituirlo por uno nuevo.                                                                                            |
| Fuga de aceite en los enchufes.                 | Enchufe defectuoso.                           | Sustituirlo por uno nuevo.                                                                                            |
| Fuga de aceite en las mangueras.                | Manguera defectuosa.                          | Sustituirla por una nueva.                                                                                            |

Fuente: Info. Cilindros hidráulicos doc.PDF

Figura 3-10. Tabla problema-causa-solucion

3.4. COSTOS DE COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO.

Para lograr un efectivo plan de mantenimiento se debe estar al tanto sobre el gasto que requiere el armado del equipo en desripcion. Como se puede apreciar en la tabla 3-11, se logro una estimacion de los precios de cada uno de los componentes criticos del sistema hidraulico. Cada precio ha sido cotizado en distribuidoras de repuestos de procedencia Chilenacomopor ejemplo la pagina [www.kupfer.cl](http://www.kupfer.cl) , encargada de la venta de mangueras y flexibles hidraulicos. A la vez, se realizo una comparacion en paginas extranjeras con precios en dolares transformados a pesos chilenos para tener una nocion mas exacta, Los precios pueden variar, a pesar de que se asimilan de gran manera a los precios en el mercado.

| DESCRIPCION                                      | CANTIDAD                    | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL | LUGAR DE COTIZACION                                |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------------------------------|
| Cilindro hidraulico                              | 2                           | \$ 683.550      | \$1.317.100  | <a href="http://www.catspa.cl">www.catspa.cl</a>   |
| Bomba de paletas duplex                          | 1                           | \$369.675       | \$369.675    | <a href="http://www.catspa.cl">www.catspa.cl</a>   |
| Aceite hidraulico                                | 300 lts.                    | \$4.880         | \$1.464.000  | <a href="http://www.flumec.cl">www.flumec.cl</a>   |
| Motor electrico trifasico 22kw                   | 1                           | \$1.688.000     | \$1.688.000  | <a href="http://www.feram.cl">www.feram.cl</a>     |
| Manguera oilflex SAE 100 R2 AT 3/8'' + flexibles | 150 mts (rollos de 50 mts.) | \$12.980        | \$38.940     | <a href="http://www.kupfer.cl">www.kupfer.cl</a>   |
| Filtros hidraulicos                              | 2                           | \$59.990        | \$119.980    | <a href="http://www.smarter.cl">www.smarter.cl</a> |
| Total                                            | -                           | -               | \$3.494.695  |                                                    |

**Tabla 3-1.** Precios estimdos componentes criticos del sistema hidráulico.

3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

3.5.1 cilindros de doble efecto

| <u>Componente</u>       | • Actividad           | • Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Tiempo de reiteración           |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cilindros doble efecto. | Inspección y control. | Se realizara una inspección de los cilindros, verificando la cantidad de lubricante para que sea siempre la adecuada. También se debe ver el estado de los vástagos, ya que suelen flectarse por exceso de cargas.                                                                                                                                   | Al menos dos veces a la semana. |
|                         | Análisis              | Los vástagos de los cilindros hidráulicos se flectan ya sea por una mala instalación o por un diámetro insuficiente en este mismo, lo cual provoca cargas excesivas que fatigan al cilindro. Se deberá realizar un monitoreo recurrente ya que no todos los cilindros son iguales, algunos pueden ser reparados y otros necesariamente reemplazados. | Una vez a la semana             |
|                         | Intervención          | Desmontaje de cilindros para poder ser intervenidos para arreglo de vástagos. Si el cilindro no está en condiciones de ser arreglado y falla recurrentemente, se procederá a la sustitución de este.                                                                                                                                                 | Una vez al mes.                 |

TABLA 4-1. Tabla plan mantenimiento cilindros doble efecto

3.5.2. Bomba de paletas

| • Componente      | • Actividad           | • Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | • Tiempo de reiteración |
|-------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Bomba de paletas. | Inspección y control. | Una inspección periódica resulta conveniente en comparación con las pausas forzadas que sufre la bomba, debidas a daños o fallas de las diferentes partes de esta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 vez a la semana       |
|                   | Análisis              | Una bomba de paletas debe incluir un chequeo cuidadoso y recurrente de las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias, así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce o a daños causados por arenisca y/o corrosión.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 vez a la semana       |
|                   | Intervención          | <ol style="list-style-type: none"><li>1. No debe desmontarse totalmente la bomba para su reparación.</li><li>2. Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes.</li><li>3. Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.</li><li>4. Estudiar la erosión la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.</li><li>5. Verificar la concentricidad de los nuevos anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores.</li><li>6. Revisar todas las partes montadas en el rotor.</li></ol> | 1 vez al mes            |

TABLA 4-2. Tabla de mantenimiento bombas de paletas

### 3.6.2 Sistema PLC

En el caso del sistema de PLC, si hablamos de mantenimiento, entendemos que se deber mantener o conservar el PLC en óptimas condiciones de seguridad y operación.

El mantenimiento es necesario para optimizar la tasa de operación del sistema. Con la optimización de la tasa de operación se extiende el periodo de operación normal del sistema y la reducción del tiempo de inactividad causado por fallas. Dado que los sistemas de PLC son utilizados en el proceso de automatización de sistemas, una falla imprevista en el PLC impedirá la realización del proceso de operación automatizada.

Un periodo de operación prolongado da el indicio de una menor probabilidad de fallas del sistema PLC. El periodo de operación es reducido a causa de componentes de una corta vida útil o por fallas imprevistas.

Cuando hablamos de un periodo de fallas de corto tiempo, se refiere a que en el funcionamiento se han producido pocas interrupciones.

A continuación pasamos a describir las ocasiones en las cuales se requiere mantenimiento del sistema PLC:

El mantenimiento debe considerarse tempranamente en la etapa que se planifica el desarrollo del sistema. La selección de los componentes o de especificaciones del sistema frágiles influirá negativamente en la vida útil del sistema. En general los problemas ocurren en la puesta en marcha del sistema, por lo cual si se solucionan los problemas en esa etapa del proceso, el funcionamiento del sistema PLC será estable y sin falencias a corto plazo.

Una vez ya identificados los problemas, el sistema puede funcionar de forma normal; no obstante, la única forma que puedan ocurrir fallas directas, es relacionada a la vida útil de sus componentes. Si ciertas partes ya están obsoletas, se requiere el cambio de estas. En el caso de que fuera una gran cantidad de componentes los que están provocando falencias, se requerirá el cambio completo del equipo PLC.

Un sistema de PLC contiene un número de instrumentos electrónicos que lo componen, de tal manera que cada uno tiene su respectiva vida útil. A continuación se darán a conocer los componentes electrónicos del PLC.

- Condensador electrolítico de aluminio

La función del condensador es almacenar electricidad. Dentro de este ocurre una reacción química la cual genera temperatura, esto acorta su vida útil. Por lo tanto, el control de temperatura será de suma importancia. Un aumento de 10°C acorta la mitad de la vida del condensador.



Fuente: Manual mantenimiento PLC mitsubishi

Condensador

- Batería

Un sistema PLC tiene una pila de respaldo para guardar el contenido de información de la memoria RAM es importante tener en cuenta que esa pila no es eterna y se debe cambiar periódicamente. Para ese cambio se debe realizar un mantenimiento preventivo realizando el cambio de la pila sistemáticamente cada año o incluso cada dos años, dependiendo de la vida útil que indique el fabricante.



Fuente: Manual mantenimiento PLC mitsubishi

Batería

- Relés

Los relés tienen contactos eléctricos y una estructura mecánica para accionar los contactos. Cada uno de ellos tiene una vida útil limitada.

Aunque la corriente normal de los contactos este dentro de la capacidad nominal, la corriente transitoria puede exceder considerablemente la corriente nominal y ocasionar problemas como por ejemplo. La fundición de la parte del contacto y no podrá separarse. O también los contactos se queman por las chispas producidas en la zona y se transforman en contactos dieléctricos.

Los relés se encuentran fijados a los módulos y son imposibles de separarlos individualmente.



Fuente: Manual mantenimiento PLC mitsubishi

#### Relés

- Fusibles

Un fusible es un dispositivo de un bajo punto de fusión con la razón de que se funda cuando la corriente supera el valor nominal, provocando una interrupción del circuito.

La fatiga de los fusibles, es causada por una corriente superior nominal, lo cual puede ocasionar una interrupción del circuito incluso en condiciones normales.

El fusible es un mecanismo de protección, por lo tanto, la fusión de un fusible indica que ocurre una anomalía dentro del circuito. Antes de reemplazar el modulo, se deberá eliminar la causa.



Fuente: Manual mantenimiento PLC mitsubishi

#### Fusibles

## **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

En el presente trabajo se ha realizado un complejo estudio sobre el sistema hidráulico de un compactado de residuos sólidos urbanos. El método que se ha utilizado para poder realizar el estudio con la metodología FMECA. El cual fue seleccionado por ser uno de los más completos en análisis de fallas y criticidad, revisando uno por uno los componentes del equipo para así poder dar un veredicto sobre cuál es su nivel de criticidad dentro del compactador y cuáles podrían ser sus posibles y futuras fallas que puedan afectar al comportamiento o funcionamiento de la maquinaria en estudio. El estudio se realizó a base de sus componentes, ya que al no tener la maquina en persona para poder haber realizado un análisis y control directo con la misma, no se puede realizar un plan de mantenimiento a base de un monitoreo continuo, por lo cual el método FMECA, da la posibilidad de crear un plan de mantenimiento a base de los componentes que integran a esta máquina, lo que permite un diagnóstico más completo. Al usar este método, se da la posibilidad de darle un rango a cada uno de los componentes hidráulicos estudiados, para así saber que equipos son más críticos dentro del compactador y cuál sería la falla general cuando uno de estos suele estar en mal estado o no tiene un mantenimiento adecuado.

El método de análisis FMECA, está acompañado de un análisis de criticidad, el cual mide la cantidad de fallas que se han producido en la máquina a través del tiempo, las cuales han sido relevantes en el comportamiento y funcionamiento del compactador de residuos sólidos. No se pudo establecer dicho análisis, ya que el compactador en el momento del estudio, se encontraba en proceso de construcción, por lo cual, debería encontrarse en proceso de trabajo en la actualidad. Lo que quiere decir es que al no tener un tiempo de trabajo, no se pudo monitorear ningún tipo de movimiento laboral y obviamente las fallas que pudo haber tenido, es por lo cual que en este trabajo de titulación no fue realizado en su totalidad el análisis de criticidad. Al no tener datos sobre algún tipo de falla que pudo tener la máquina, se hizo una investigación sobre un equipo similar para así poder tener una referencia a cuál fue su comportamiento y cuáles fueron las partes que más fallaron en sus tiempos de trabajo. A base de eso se pudo establecer el análisis que se hizo en este informe el cual se refiere a los componentes que contiene este compactador para así clasificarlos según puedan fallar cada uno estos y cuál es su índice de gravedad dentro de posibles fallas que puedan ocurrir.

Enfocándose en los objetivos específicos del presente trabajo, uno de ellos hacía referencia al funcionamiento técnico de los cilindros hidráulicos de doble efecto, los

cuales fueron estudiados en profundidad centrados en su funcionamiento basado en su vida útil de trabajo que tienen.

Uno de los puntos importantes de los cilindros estuvo directamente relacionado a su lubricación, ya que estos componentes suelen sufrir desgastes por roce y deteriorados al flectarse cuando existen excesos de cargas en el vástago de este. La lubricación de los cilindros debe ser un punto de suma importancia a la hora de la mantención preventiva de los juegos de cilindros cruzados de las paredes compactadoras, preocupándose de que sus niveles de lubricante sean los adecuados en todo momento de trabajo para así, evitar aumentos de temperatura en los mismos cilindros los cuales pueden provocar futuras fallas. Se completó un centrado análisis y monitoreo de trabajo de los juegos de cilindros, obteniendo resultados positivos refiriéndose a los puntos de evaluación anteriormente mencionados.

Siguiendo con el estudio, se completó gratificadamente el análisis de posibles fallas que el sistema hidráulico del compactador esta propenso a sufrir. A base de las características técnicas entregadas por el fabricante, se realizó un estudio relacionado directamente a las fallas que pudiera tener cualquiera de los componentes del sistema colocándose en el caso de la ausencia de revisiones y análisis visuales, lo cual provocaría un posible caso de falla. Se siguieron todas las instrucciones al pie de la letra del fabricante para así, evitar futuros fallos en el funcionamiento del sistema hidráulico del compactador.

Finalmente, se propuso un plan de mantenimiento del sistema hidráulico del compactador de residuos sólidos, estimando cada uno de los costos y beneficios intervenidos en la mantención del equipo. No dejando de lado que en el proceso de estudio del equipo en mención, no existía ningún tipo de información sobre precios de los componentes que forman parte del sistema hidráulico, por lo cual se realizó una cotización en diferentes puntos de venta de repuestos y mantención de equipos relacionados a compactadores. Estos costos están estimados a comparación de un equipo de similares características técnicas y físicas al compactador de residuos sólidos en estudio. Queda decir que los costos relacionados a los repuestos y mantención del equipo, no se encuentran alterados ni creados por los redactores de este trabajo de titulación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

García, A. (mayo 2014). Diseño de una compactadora de chatarra de alto tonelaje. 2017, de Universidad Pontificia ICAI ICADE Comillas Madrid

Sitio web <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/537e215f61075.pdf>

Silva, J. (2002). Diseño de una compactadora de residuos. 2017, de Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Sitio web <http://www.areatecnologia.com/que-es-hidraulica.htm>

Sepúlveda, D. (2013). Plan de negocios para la inserción de tecnología en la recolección de desechos sólidos en el mercado chileno. 2017, de Universidad de Chile

Sitio web [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114465/cf-sepulveda\\_do.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114465/cf-sepulveda_do.pdf?sequence=1)

Fuentes, M Julio, S. (2009). diseño de un sistema de residuos sólidos inorgánicos (plástico y vidrio) para el gobierno municipal del Cantón palora, provincia de Morona Santiago. 2017, de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba- Ecuador

Sitio web <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/263/1/15T00410.pdf>

H. V, V, I, V. I . (mayo 2014). rehabilitación de maquina compactadora. 2017, de Instituto Politécnico Nacional

Sitio web <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13217/Tesis.pdf?sequence=1>