

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD,  
PARA EL SISTEMA DE DISPERSIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE  
PAPEL EN LA EMPRESA UNIBOL.S.A.S

KEVIS MANJARRES SIERRA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD,  
PARA EL SISTEMA DE DISPERSIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE  
PAPEL EN LA EMPRESA UNIBOL.S.A.S

KEVIS MANJARRES SIERRA

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de especialista  
en gerencia de mantenimiento

DIRECTOR:  
HENYERTH DURANGO VILLADIEGO  
Ingeniero Industrial  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de toda mi especialización, por darme fortaleza y sabiduría en los momentos de debilidad. A mis padres Elisa Sierra y Ramón Manjarres, por apoyarme e inculcarme valores para ser una persona de bien. A mi hermana Elvia Manjarres quien siempre ha sido un apoyo y un ejemplo a seguir. A mi novia Lina Arias y mi hija Luciana Manjarres por ser parte importante de mi vida, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos y siempre mantenerme motivado. A todos mis familiares y amigos que siempre han creído en mí. A mis compañeros de estudio y trabajo, sin ellos todo hubiera sido más difícil de lo que fue. Y a cada uno de los profesores que me brindaron su ayuda a lo largo de la especialización. A todos les doy las gracias.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.2 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	17
2. MARCO REFERENCIAL.....	18
2.1 MARCO TEORICO .....	18
2.1.1 Historia del RCM.....	18
2.2.2 Definición de RCM .....	19
2.2.3 Introducción al RCM .....	19
2.2.4 Metodología RCM .....	21
2.2.4.1 Funciones .....	22
2.2.4.2 Fallas funcionales .....	22
2.2.4.3 Modos de falla.....	24
2.2.4.4 Efectos de falla .....	25
2.2.4.5 Consecuencias de la falla .....	25

2.2.4.5 Tareas, frecuencias y recursos .....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	31
2.2.1 Prensa.....	31
2.2.2 Compactador .....	32
2.2.3 Triturador .....	32
2.2.4 Calentador .....	34
2.2.5 Alimentador.....	34
2.2.6 Dispensor.....	36
3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA .....	37
3.1 PREPARACIÓN DEL ESTUDIO .....	37
3.2 TAXONOMIA, FRONTERAS E INTERFACES .....	38
3.2.1 Taxonomía .....	38
3.2.2 Fronteras.....	38
3.2.3 Contexto operacional .....	40
3.2.4 Funciones .....	40
3.2.4.1 Funciones, características técnicas e interfaces para la prensa .....	40
3.2.4.2 Funciones, características técnicas e interfaces para el compactador .....	41
3.2.4.3 Funciones, características técnicas e interfaces para el triturador .....	42
3.2.4.4 Funciones, características técnicas e interfaces para el calentador .....	43

3.2.4.5 Funciones, características técnicas e interfaces para el alimentador .....	45
3.2.4.6 Funciones, características técnicas e interfaces para el dispersor .....	45
3.3 FALLAS FUNCIONALES, ANALISIS DE MODOS FALLA EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA). .....	47
3.3.1 Fallas funcionales y FMECA de la prensa .....	47
3.3.2 Fallas funcionales y FMECA del compactador.....	49
3.3.3 Fallas funcionales y FMECA del triturador .....	52
3.3.4 Fallas funcionales y FMECA del calentador.....	54
3.3.5 Fallas funcionales y FMECA del alimentador.....	56
3.3.6 Fallas funcionales y FMECA del dispersor.....	58
3.4. SELECCIÓN DE TAREAS, FRECUENCIAS Y RECURSOS .....	60
3.4.1 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos de la prensa.....	60
3.4.2 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del compactador .....	62
3.4.3 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del triturador .....	65
3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del calentador. ....	67
3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del alimentador .....	70
3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del dispersor de discos ....	72
3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	74
4. CONCLUSIONES .....	77

BIBLIOGRAFIA.....78

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de dispersión caliente 60TDP .....	15
Figura 2. Portada del documento original de Reliability Centered Maintenance. ...	19
Figura 3. Matriz de riesgo .....	26
Figura 4. Árbol de decisiones.....	27
Figura 5. Curva P-F .....	29
Figura 6. Prensa PV-1 SL, (Screw press) .....	31
Figura 7. Compactador (Plug screw) .....	32
Figura 8. Triturador .....	33
Figura 9. Instalación de triturador .....	33
Figura 10. Calentador (Heating screw) CSH- 1.....	34
Figura 11. Alimentador (Inffeder screw) .....	35
Figura 12. Instalación de Alimentador (Inffeder screw) .....	35
Figura 13. Dispensor a disco CDD-2. ....	36
Figura 14. Esquema Jerárquico .....	38
Figura 15. Fronteras .....	39
Figura 16. Sistema sometido a estudio.....	39

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Funciones, características técnicas e interfaces de la prensa .....	41
Tabla 2. Funciones, características técnicas e interfaces del compactador .....	42
Tabla 3. Funciones, características técnicas e interfaces del triturador .....	43
Tabla 4. Funciones, características técnicas e interfaces del calentador .....	44
Tabla 5. Funciones, características técnicas e interfaces del alimentador .....	45
Tabla 6. Funciones, características técnicas e interfaces del dispersor .....	46
Tabla 7. Definición de fallas funcionales y FMECA de la prensa .....	47
Tabla 8. Definición de fallas funcionales y FMECA del compactador .....	50
Tabla 9. Definición de fallas funcionales y FMECA del triturador.....	52
Tabla 10. Definición de fallas funcionales y FMECA del calentador .....	54
Tabla 11. Definición de fallas funcionales y FMECA del alimentador .....	56
Tabla 12. Definición de fallas funcionales y FMECA del dispersor .....	58
Tabla 13. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos de la prensa .....	60
Tabla 14. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del compactador .....	63
Tabla 15. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del triturador .....	65
Tabla 16. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del calentador .....	68
Tabla 17. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del alimentador .....	70

Tabla 18. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del dispersor de discos .....72

Tabla 19. Plan de mantenimiento sistema de dispersión .....74

## RESUMEN

### TITULO:

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD, PARA EL SISTEMA DE DISPERSIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL EN LA EMPRESA UNIBOL.S.A.S.\*

### AUTOR:

KEVIS MANJARRES SIERRA\*\*

### PALABRAS CLAVES:

RCM, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, FALLA, PAPEL, DISPERSIÓN,

### CONTENIDO:

Esta monografía tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento desarrollando la metodología de RCM, al sistema de dispersión en el proceso de fabricación de papel en la compañía UNIBOL S.A.S. esto con la finalidad de reducir los tiempos improductivos por fallas del sistema, y la generación de producto no conforme que se ve reflejado en pérdidas de materia prima y reproceso.

El desarrollo del proyecto se verá soportado en cada una de sus diferentes fases por personal técnico y administrativo de la compañía, personal consultor especialista en la metodología RCM y toda la información técnica de los equipos. De manera que se aproveche el conocimiento, la información, la experiencia del personal y el compromiso de la compañía por el proyecto.

El resultado final, será el plan de mantenimiento del sistema de dispersión, con el fin de implementarlo posteriormente, y utilizar de guía para otros sistemas del proceso.

---

\*Monografía

\*\*Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento, Director Henyerth Durango Villadiego, Ingeniero industrial

## ABSTRACT

**TITLE:**

DESIGN OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RELIABILITY, FOR THE DISPERSION SYSTEM IN THE PROCESS OF MANUFACTURING PAPER IN THE COMPANY UNIBOL.S.A.S. \*

**AUTHOR:**

KEVIS MANJARRES SIERRA\*\*

**KEYWORDS:**

RCM, MAINTENANCE, RELIABILITY, AVAILABILITY, FAILURE, PAPER, DISPERSION

**CONTENTS:**

This monograph aims to design a maintenance plan by developing the RCM methodology to the dispersion system in the paper manufacturing process in the company UNIBOL S.A.S. this with the purpose of reducing the unproductive times due to system failures, and the generation of non-conforming product that is reflected in lost raw materials and reprocessing.

The development of the project will be supported in each of its different phases by technical and administrative personnel of the company, consultant personnel specialized in the RCM methodology and all the technical information of the equipment. In such a way that knowledge, information, personnel experience and the company's commitment to the project are used.

The final result will be the maintenance plan of the dispersion system, in order to implement it later, and to use as a guide for other systems of the process.

---

\*Monograph

\*\*Faculty of physical – mechanical engineering. Specialization in maintenance management. Director Henyerth Durango Villadiego, Industrial Engineer.

## INTRODUCCIÓN

Unibol S.A.S es una empresa fundada en 1945, dedicada a la producción y comercialización de empaques, papeles suaves y Kraft.

Para mantenerse en el mercado y seguir siendo competitivo, la organización ha tenido la necesidad de mejorar al máximo sus procesos e implementar nuevas tecnologías. Unibol identificó que el área de mantenimiento es una oportunidad de mejora, basándose en el hecho que aumentando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos se genera una mayor productividad y una alta calidad en el producto, esto con el fin de cumplir los objetivos de la organización, relacionados con satisfacer las necesidades del mercado y aportar rentabilidad a la misma.

En esta monografía se desarrolló la metodología RCM, para el diseño del plan de mantenimiento del sistema de dispersión en caliente del proceso de fabricación de papel suave, dándole cumplimiento a las diferentes etapas de la metodología, desde la selección del sistema, pasando por las definiciones de sus funciones, fallas funcionales, análisis de modo, efecto y criticidad de falla, hasta la selección de tareas.

Como resultado de la aplicación de la metodología RCM se generó el Plan de mantenimiento del sistema de dispersión en caliente del proceso de fabricación de papel suave de Unibol.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

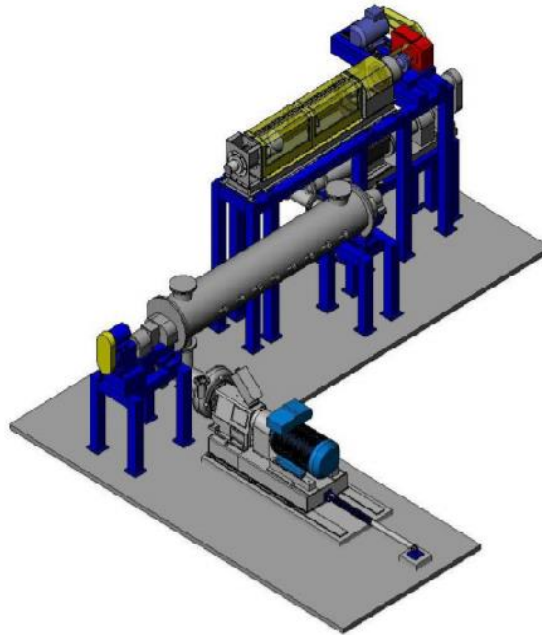
UNIBOL S.A.S es una empresa productora y comercializadora de papel, ubicada en el municipio de Malambo Atlántico. Cuenta con tres plantas de producción. Una planta de fabricación, encargada de la producción de dos tipos de papel; suave y kraft, que se convierten en materia prima para las otras dos plantas de conversión suave y conversión kraft respectivamente, encargadas de convertir el papel fabricado en los diferentes productos y presentaciones disponibles en el mercado.

La planta principal de fabricación de papel cuenta con dos líneas de producción. Una de papel suave, utilizado para la producción de papeles higiénicos, servilletas, toallas de mano y toallas de cocina, y la otra línea de papel kraft, utilizado para la fabricación de bolsas de papel, sobres de manila y papel de envolver.

Ambas líneas de producción son procesos en serie, desde que se prepara la materia prima hasta que se tiene como resultado el producto terminado. Entre los sistemas que conforman este proceso tenemos: módulo preparación de pasta, módulo de limpieza, módulo de formación, módulo de secado de papel, y módulo de embobinado. La diferencia entre la línea de papel suave y la línea de papeles kraft, es la refinación y el blanqueo del papel, que se realiza exclusivamente en la línea de papel suave, a través de un sistema de dispersión que tiene como función principal remover impurezas en la fibra, por medio de calentamiento por vapor y turbulencia.

El sistema de dispersión puede suavizar varios tipos de impurezas, tales como, plásticos y tintas, en partículas pequeñas invisibles al ojo humano. Por tanto, este sistema cobra gran importancia para el proceso de fabricación de papel suave, siendo este el responsable en gran porcentaje de la limpieza y el blanqueo del papel.

Figura 1. Sistema de dispersión caliente 60TDP



Fuente: Manual de instrucciones, sistema de dispersión caliente, modelo HDS 60TDP.

Este sistema, ver figura 1, está conformado por 6 equipos los cuales son: prensa, compactador, triturador, calentador, alimentador y dispersor. Fue instalado en el año de 2009, con el objetivo de aumentar la producción y la calidad del papel. Durante el último año de operación se observó una baja confiabilidad operacional rondando el 68%, siendo 85% la meta, esto a causa del aumento del número de fallas del sistema que permitió un incremento en los tiempos perdidos por paradas de emergencia, disminución de la velocidad de producción y una alta generación de producto no conforme, teniendo como resultado sobrecostos en la producción, incumplimientos de pedidos e insatisfacción en el cliente.

Actualmente la planta de fabricación no cuenta con un plan estratégico de mantenimiento que permita llevar a cabo las actividades de manera planificada, garantizando así el buen funcionamiento del sistema de dispersión y por ende el de todo el proceso, por el contrario, solo se desarrollan actividades correctivas y esporádicas.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente planteada, se hace necesario diseñar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, que permita la disminución de fallas y así garantizar la disponibilidad y confiabilidad del sistema de dispersor.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un plan de mantenimiento para el sistema de dispersión en el proceso de fabricación de papel suave de la empresa Unibol S.A.S, aplicando la metodología RCM.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Definir taxonomía, fronteras y funciones de los componentes del sistema de dispersión en el proceso de fabricación de papel de la empresa Unibol S.A.S.
- ✓ Realizar análisis de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de fallas a cada uno de los componentes del sistema de dispersión, en el proceso de fabricación de papel de la empresa Unibol S.A.S.
- ✓ Establecer las actividades de mantenimiento aplicando los modelos de diagrama de decisión, para los componentes del sistema de dispersión en el proceso de fabricación de papel de la empresa Unibol S.A.S.
- ✓ Generar plan de mantenimiento para los componentes del sistema de dispersor en el proceso de fabricación de papel de la empresa Unibol S.A.S.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el mundo de hoy. Podemos encontrar que las empresas están sumergidas en un ambiente altamente competitivo, por razones como la globalización, tratados de libre comercio, la competencia agresiva en precios y servicios, el dinamismo de los ambientes comerciales, entre otras. Las empresas han tenido la obligación de optimizar al máximo sus procesos para cumplir las exigencias y mantenerse en el tiempo, razón por la cual, la organización considera que el mantenimiento cumple un papel vital para el cumplimiento de dicho objetivo, garantizando la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

En el proceso de fabricación de papel de la empresa Unibol S.A.S, se ha evidenciado que las constantes fallas en el sistema de dispersión, ocasionan una disminución en la producción por las frecuentes paradas de emergencia y por la generación de productos no conformes que posteriormente deben ser reprocesados. Por esta razón, la disminución de la producción se ve reflejada en la disminución de las ventas mensuales de la compañía, afectando directamente la competitividad de Unibol S.A.S. en el mercado.

Actualmente, Unibol S.A.S no cuenta con una estrategia de mantenimiento para el sistema de dispersión, acarreado los inconvenientes mencionados en el planteamiento del problema. Para revertir esta situación es necesario diseñar un plan de mantenimiento basándose en la metodología RCM que permita la disminución de fallas y el óptimo funcionamiento del sistema, garantizando la disponibilidad y confiabilidad del sistema de dispersión.

Esta monografía tiene como finalidad diseñar el plan de mantenimiento para garantizar la disponibilidad y confiabilidad del sistema de dispersión en el proceso de fabricación de papel suave, que permita el cumplimiento de los objetivos establecidos por la compañía, direccionados a la optimización de procesos, satisfacción de las necesidades del cliente, el agregar valor, ser sostenibles y asegurar el aprovechamiento de recursos.

Por otro lado, también se busca que esta monografía sirva como marco de referencia para el diseño de planes de mantenimiento de otros sistemas o equipos del proceso.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO TEORICO

El mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), es una herramienta que viene siendo utilizada en gran medida por el sector industrial, y que ha demostrado lograr grandes beneficios económicos a consecuencia del incremento de productividad de las máquinas, optimización de los costos y programas de mantenimiento, y otros beneficios adicionales.

**2.1.1 Historia del RCM.** La primera vez que se manejó el término Mantenimiento Centrado en Confiabilidad fue en diciembre 28 de 1978 por STANLEY NOWLAN y HOWARD F. HEAP, figura 2, quienes realizaron un trabajo para la United Airlines como parte de la mejora que requería la aviación civil en los Estados Unidos de América.

Posteriormente, el concepto y la metodología fueron optimizados y adaptados a otros tipos de industria como lo fue la transmisión de energía eléctrica y la generación eléctrica en centrales nucleares, entre otros, con aportes como los realizados por John Moubray en su libro RCM II.

Debido a la proliferación de variaciones de la metodología, la Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE - Sociedad de Ingenieros Automotrices) generó una norma que define los criterios para llamar a un proceso de mejoramiento del plan de mantenimiento como RCM. Esa norma es la JA 1011 y la complementa la JA 1012 para la guía de implementación.

Hoy en día, son muchos los sectores industriales que tienen implementada la metodología o alguna de sus variaciones. Pero aún hay mucho por recorrer en el mejoramiento del mantenimiento y de sus planes. Igualmente, la metodología es tan consistente que ya se han iniciado aplicaciones a otros sectores. Por ello, se puede decir que a pesar de lo ya escrito, todavía hay mucho por desarrollar y escribir<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Nowlan, F. Stanley and Howard F. Heap, "Reliability-centered Maintenance", Department of Defense, Washington, D.C, 1978, Report Number AD-A066579, Unclassified.

Figura 2. Portada del documento original de Reliability Centered Maintenance.

Unclassified		REPORT DOCUMENTATION PAGE	
1. REPORT NUMBER <b>A066-579</b>	2. NOV. ACCESSION NO.	3. RESEARCH CATALOG NUMBER	4. READ INSTRUCTIONS OFFICE COMPLETION FORM
5. TITLE AND SUBTITLE <b>Reliability-Centered Maintenance</b>		6. TYPE OF REPORT & PERIOD COVERED <b>Final</b>	
7. AUTHOR(s) <b>E. Stanley Nowlan Howard F. Heap</b>		8. PERFORMING ORGANIZATION NUMBER <b>MDA 903-75-C-0349</b>	
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS <b>United Airlines San Francisco International Airport San Francisco, Ca 94128</b>		10. PROGRAM ELEMENT PROJECT, TASK AREA & WORK UNIT NUMBERS	
11. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER		12. DATE OF PUBLICATION <b>December 29, 1978</b>	
13. DISTRIBUTION STATEMENT (see instructions for reporting)		14. SECURITY CLASSIFICATION <b>Unclassified</b>	
<p>Approved for public release; distribution unlimited. Copies may be obtained from the National Technical Information Service or the Defense Documentation Center.</p> <p>This work was performed by United Airlines under the sponsorship of the Office of Assistant Secretary of Defense (Manpower, Reserve Affairs and Logistics)</p>			

Fuente: Nowlan, F. Stanley and Howard F. Heap, “Reliability-centered Maintenance”

**2.2.2 Definición de RCM.** Es una filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento, en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones<sup>2</sup>.

**2.2.3 Introducción al RCM<sup>3</sup>.** Cualquier método probado y reputado tiene las características de ser organizado y lógico, por ende, debe de entregar un resultado concreto. Por supuesto RCM lo es y su intención final es construir o modificar el plan de mantenimiento de un sistema sometido a estudio.

<sup>2</sup> MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004. P6

<sup>3</sup> ORTIZ, Daniel. Mantenimiento centrado en confiabilidad – RCM. Bucaramanga, 2016. Memorias. Universidad Industrial de Santander. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Pero como filosofía, no solo se queda en ese producto tangible. También debe considerarse como un medio para gestionar el conocimiento de mantenimiento, por ejemplo documentando las bases del plan de mantenimiento para que en las futuras revisiones sirva de referencia.

Para muchos, dejar a un lado el tema “costos” sería un olvido garrafal. Por ello, debemos advertir que RCM también es una filosofía que ayuda a conservar un balance óptimo entre el costo del mantenimiento y la confiabilidad del servicio.

Las principales claves identificadas en la metodología del RCM, son las siguientes:

- ✓ Buscar la preservación de las funciones más que la preservación de los mismos equipos por sí solos.
- ✓ Enfocarse en evitar, reducir o eliminar las consecuencias, más que en evitar las fallas.
- ✓ Orientar los esfuerzos a construir defensas costo-efectivas razonables contra fallas, permitiendo algunas fallas.
- ✓ Priorizar técnicas predictivas y de condición sobre las preventivas o correctivas.
- ✓ Hacer énfasis en la búsqueda de la extensión de la vida útil del equipo.
- ✓ Resaltar el hecho de que los equipos modernos tienen múltiples formas de probabilidad de falla y no solo por la curva de la bañera o por vejez.
- ✓ Requerir de la disponibilidad de personas e información que permita identificar los modos de falla de los equipos y sus consecuencias, más que una alta exigencia en la disponibilidad de histórico de fallas.
- ✓ Exigir que, una vez actualizado el plan de mantenimiento, el registro de los trabajos y de las fallas se haga sistemáticamente.
- ✓ Adicionar el detectivo o búsqueda de fallas como tipo de mantenimiento, complementario a los ya conocidos, como son el preventivo, predictivo y correctivo.
- ✓ Optimizar la disponibilidad de plantas y equipos sin descuidar la seguridad, el Medio ambiente, los costos y cualquier otro factor empresarial crítico.
- ✓ Desarrollar planes teniendo en cuenta condiciones ambientales, requerimientos de clientes y regulatorios, condiciones operativas y de mantenibilidad.
- ✓ Fijar tareas con base en la visión multidisciplinaria de todos aquellos que tienen una interacción directa con los equipos y el proceso productivo.

- ✓ Formular las políticas de mantenimiento por parte de los equipos multidisciplinarios cercanos a los equipos.
- ✓ Hacer partícipes a los fabricantes de los equipos pero en forma limitada.

**2.2.4 Metodología RCM<sup>4</sup>.** Está basada en el desarrollo de 7 preguntas de manera ordenada acerca del sistema o activo que se quiere estudiar

- ✓ ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
- ✓ ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ✓ ¿Qué causa la falla funcional?
- ✓ ¿Qué sucede (efectos) cuando falla?
- ✓ ¿Qué ocurre (consecuencia) si falla?
- ✓ ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
- ✓ ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

Como se puede identificar son preguntas lógicas y de sentido común y que en la mayoría de los casos no requieren de alta tecnología para encontrar respuesta. Las mejores respuestas estarán basadas en el conocimiento, ya sea tácito o explícito, que se tenga del equipo o sistema analizado. Requerirá si, un muy buen manejo de los datos y de la estructuración de cada respuesta, en especial, la estructuración que se haga a las dos últimas respuestas ya que corresponderán a las tareas de mantenimiento que luego irán a cargarse en el sistema de información de mantenimiento.

Además del desarrollo de las 7 preguntas, es necesario tener en cuenta varios pasos, tanto previos como después del estudio, los cuales se muestran a continuación:

- ✓ Antes del estudio: en esta etapa, se selecciona y se entrena a el personal que trabajara en el desarrollo de la metodología RCM, asimismo se recolectara toda la información pertinente a el sistema objeto de estudio para tener como soporte en el desarrollo de la metodología, dentro de esta información podemos encontrar, manuales, planos, tendencias, históricos de reparaciones, entre otros.

---

<sup>4</sup> Soporte & Cia Ltda. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM Por John Moubray, traducido y adaptado por Carlos Mario Pérez J.

- ✓ Después del estudio: finalmente después de terminar de desarrollar la metodología RCM, viene la etapa de socialización y posterior ejecución del plan de mantenimiento generado por la metodología.

**2.2.4.1 Funciones<sup>5</sup>.** Todos los elementos de estudio tienen por sí mismos una función que cumplir dentro de cualquier proceso. Su pérdida llega a afectar la disponibilidad con la consecuente pérdida económica, daño a las personas o afectación al medio ambiente.

Este es un punto muy importante de la metodología ya que por muy iguales que sean los equipos, cada particular aplicación implicará que se comporta de una manera diferente, por lo tanto debería tener un plan de mantenimiento diferente. Las funciones pueden estar clasificadas en dos categorías.

- ✓ Funciones primarias, que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo, esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.
- ✓ Funciones secundarias, la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con el área de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta apariencia del activo.

**2.2.4.2 Fallas funcionales<sup>6</sup>.** Tras definir las funciones, el siguiente paso es identificar la pérdida de esa función. Diferentes definiciones se han dado sobre el término, casi una por norma y libro de referencia, pero la mayoría coincide con las siguientes características:

- ✓ Es un evento real o probable, en el momento del análisis.
- ✓ Genera la pérdida de una o varias capacidades para cumplir una o varias funciones a la vez.
- ✓ La pérdida de la capacidad puede ser parcial o total, dependiendo del estándar de funcionamiento definido por el usuario.

---

<sup>5</sup> MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004. P22

<sup>6</sup> Ibid. Pag.48

Basados en las definiciones, se pueden dar varios tipos o estados de falla:

- ✓ Pérdida total de la capacidad, esto es, definitivamente el equipo deja de funcionar y se detiene por completo: “no hace”.
- ✓ Pérdida parcial de la capacidad, esto es, aunque sigue funcionando el desempeño no alcanza a cumplir con lo esperado por el usuario: “Hace más o hace menos”.
- ✓ Funcionamiento erróneo, esto es, el equipo realiza otra actividad que no se tenía previsto realizar o no se deseaba que la hiciera en ese momento: “hace otra cosa”.

Los momentos en que se presentan esas fallas son otra forma de clasificación. En esto tenemos:

- ✓ La falla se presente durante la operación continua del equipo.
- ✓ La falla se presenta cuando el equipo debe operar en algún momento determinado.
- ✓ La falla se presenta al momento de requerirse la detención del equipo.
- ✓ La falla se presenta por la operación del equipo cuando no lo debiera hacer.

Las reglas creadas para la definición y redacción de las fallas funcionales son:

- ✓ Describir qué se pierde de la función y no el porqué.
- ✓ Incluir las fallas que sean razonablemente probables AL NO DAR EL MANTENIMIENTO o las que se han estado evitando con el mantenimiento preventivo actual.
- ✓ La descripción no debe contener un componente o una pieza.
- ✓ La descripción es relativamente corta, por lo general menor a 10 palabras.
- ✓ La descripción debe basarse en lo definido en la función.

Algunos ejemplos son: Incapaz de contener gas, Restringido el flujo de gas para la capacidad requerida, Emisiones de gases a la atmósfera, No puede bombear con una cabeza de 10 m, El nivel de ruido sobrepasa el nivel ISO a 50 metros, La temperatura superficial es menor a 60°C.

Al final de esta parte del ejercicio se reportarán más de una falla funcional por cada función. Si se encuentra una y solo una falla funcional, no quiere decir que

esté mal pero se deberán revisar las fronteras y las definiciones hechas porque no es muy común encontrar esta situación.

**2.2.4.3 Modos de falla<sup>7</sup>.** Una vez se ha identificado cada falla funcional, el siguiente paso es identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos son llamados modos de fallas. Los modos de fallas razonablemente posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos similares o iguales operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimientos existentes, así como fallas que aún no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto operacional.

El mayor porcentaje de modos de falla identificados, son fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal, sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas satisfactoriamente, es necesario incluir fallas generadas por errores humanos y errores de diseño.

Si se desconocen los modos de falla de un equipo, pueden recurrirse a bases de datos o informes de casos similares. Pero, si se trata de identificar los típicos del equipo por sus condiciones operacionales y ambientales particulares, al momento de cada falla se debe realizar una investigación con los siguientes criterios claves:

- ✓ No destruir la evidencia.
- ✓ Documentar la evidencia.
- ✓ Iniciar rápidamente la investigación.
- ✓ Evitar las conclusiones simplistas.
- ✓ No centrarse solo en el punto de falla.
- ✓ Reproducir la evolución de la falla o accidente, utilizando evidencias objetivas, entrevistas, registros, datos, etc.

Con estos pasos se podrá establecer correctamente el modo de falla y avanzar en la construcción de barreras costo efectivas para evitar que no se produzcan o de reducir las consecuencias.

---

<sup>7</sup> MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004. P56

Al final de este paso se tendrán, por cada falla funcional, uno o varios modos de falla lo que significa que por cada función que desempeñe un elemento analizado podremos tener varios modos de falla.

Tener un solo modo de falla por función debe generar dudas al equipo de trabajo sobre la identificación del elemento o sobre la definición de la función.

**2.2.4.4 Efectos de falla<sup>8</sup>.** Toda falla tiene algún efecto, grande o pequeño pero lo tiene. No hay nada gratis o nada que no genere una consecuencia. En este paso de la metodología RCM identificaremos para cada modo de falla el efecto que genera. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- ✓ Que evidencia existe de que la falla ha ocurrido.
- ✓ De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- ✓ De qué manera afecta la producción o a las operaciones
- ✓ Que daños físicos han sido causados por la falla
- ✓ Que debe hacerse para repararse la falla

**2.2.4.5 Consecuencias de la falla<sup>9</sup>.** Cada modo de falla afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones, también puede afectar la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente.

Son estas consecuencias las que más influyen en el intento de prevenir cada falla, es decir, si una falla tiene consecuencias altas, se debe hacer un gran esfuerzo para intentar que no suceda; en cambio, si no tiene consecuencias o tiene consecuencias leves, quizás se decida no hacer más mantenimiento de rutina.

Uno de los puntos fuertes de la metodología RCM, es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas, de hecho reconocen que la razón principal para hacer cualquier tipo de actividad de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas, si no, evitar o mitigar las consecuencias de la falla.

---

<sup>8</sup> MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004. P76

<sup>9</sup> Ibid. Pag. 94

La metodología RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- ✓ Consecuencia de fallas ocultas: las fallas ocultas no tiene un impacto directo, pero exponen al sistema a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- ✓ Consecuencias ambientales y de seguridad: una falla tiene consecuencia para la seguridad si es posible que cause daño o la pérdida de un ser humano. Tiene consecuencia ambiental si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- ✓ Consecuencias operacionales: una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción en calidad del producto, cantidad, atención al cliente o costos operacionales además del costo de la reparación.
- ✓ Consecuencias no operacionales: las fallas que no afectan la seguridad ni la producción, solo implican en el costo directo de la reparación.

Para el análisis de los efectos se necesita tener o, construir en el caso de no tener, un modelo de valoración de riesgos que puede ser representado por medio de una matriz de riesgo donde relacionamos la ocurrencia con la severidad, dándonos como resultado el riesgo, Figura 3

Figura 3. Matriz de riesgo

CONSECUENCIA	AMBIENTALES	HUMANAS	COSTOS	IMAGEN		PROBABILIDAD					
						IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Catastrófico	Efectos irreversibles	Más de un muerto	>\$96M	Internacional	1	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Crítico	Efectos irreversibles en menos de 2 años	Incapacidad permanente	ENTRE \$32M-\$96M	Nacional	2	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Medio	Efectos reversibles en menos de 6 meses	Incapacidad temporal	ENTRE \$4.0M-\$32M	Regional	3	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Insignificante	Efectos pueden ser controlados	Lesiones	ENTRE \$0.5M-\$4.0M	Local	4	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Ninguno	No afecta el medio ambiente	Ninguna	<\$0	Ninguno	5	A5	B5	C5	D5	E5	F5
<b>RIESGO</b>						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 1 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						BAJO	MEDIO	CRITICO			
						A	B	C	D	E	F

Fuente: El autor

Los niveles de aceptación permiten decidir si con el actual nivel de riesgo estamos conformes o si tras la definición de tareas de mantenimiento la reducción del riesgo llegará a niveles aceptables o tolerables.

**2.2.4.6 Tareas, frecuencias y recursos**<sup>10</sup>. El penúltimo paso del desarrollo de la metodología RCM, es la definición de tareas o actividades de mantenimiento, con las cuales se mitigaran los riesgos definidos a niveles aceptables.

Para la toma de decisión de las tareas o actividades de mantenimiento a realizar, se requiere un diagrama de decisiones, el cual es una herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la metodología RCM. A partir del árbol lógico de decisiones, figura 4, se obtienen diferentes tipos de tareas de mantenimiento, entre las que encontramos:

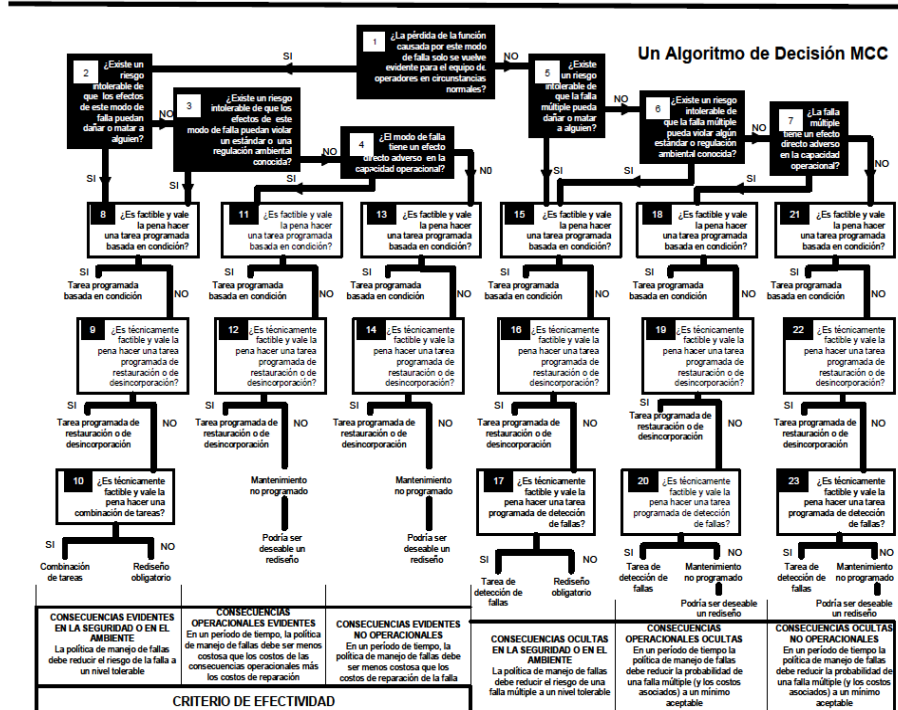
- ✓ Actividades de monitoreo de condición (predictivas en línea o condición puntual).
- ✓ Actividades de reacondicionamiento o cambio (preventivas).
- ✓ Actividades de detección de fallas ocultas (detectivo, en caso de que se esté trabajando sobre este tipo de fallas).
- ✓ Actividades combinadas de las anteriormente citadas.
- ✓ Actividades de rediseño (en caso de que el riesgo no se pueda bajar a niveles tolerables con alguna de las opciones anteriores).
- ✓ Ninguna actividad de mantenimiento (correr a falla, cuando los riesgos son tan bajos que hasta por costos no da para ejecutar una labor de mantenimiento).

---

<sup>10</sup> MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004. P133

Figura 4. Árbol de decisiones

SAE JA1012 Issued JAN2002 (Traducción)

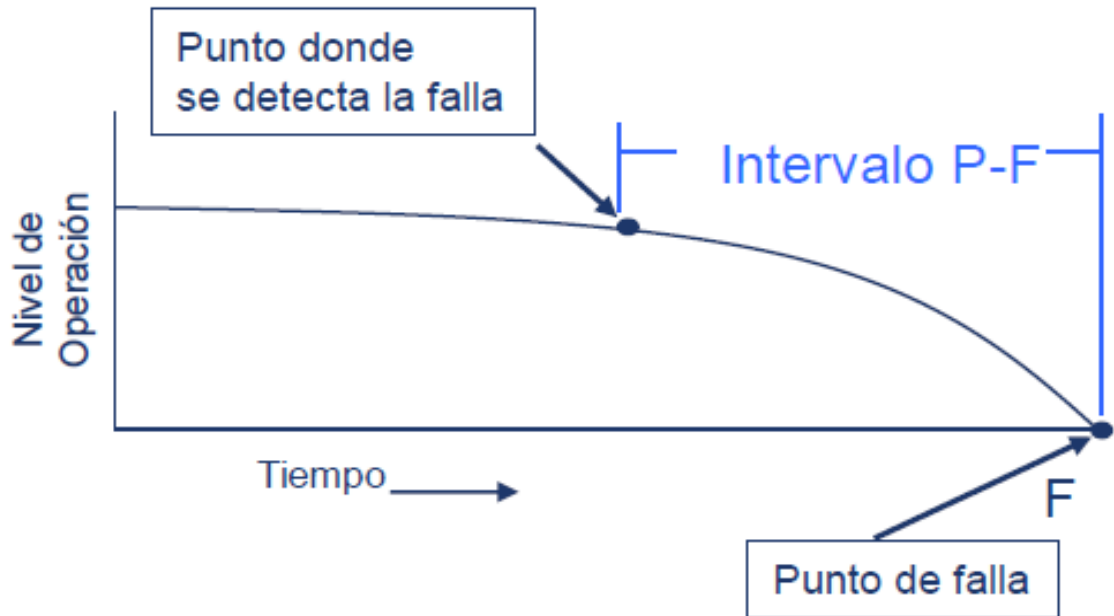


Fuente: SAE JA1012, 2002, P53

La definición de las frecuencias es, por supuesto, para todos los tipos de mantenimiento excepto el correctivo, esto es, para las actividades de monitoreo, reacondicionamiento, cambio o búsqueda de fallas. Para cada una existe un mecanismo particular los cuales se describen así:

- ✓ **Determinación de frecuencia para monitorios:** El conocimiento del modo de falla debe llevar a establecer la curva P-F, figura 5, con la cual se establecen los períodos cortos de tiempo menores al intervalo P-F. Su construcción se puede hacer con base en: a) la observación continua, b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo extendiéndolos poco a poco, c) la definición de intervalos arbitrarios (aunque no es el más recomendado), d) la investigación propia o con entidades especializadas y, e) la consulta a expertos en el tema.

Figura 5. Curva P-F



Fuente: Ortiz, Daniel, Memoria Selección de tareas, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, versión 2016

- ✓ Determinación de frecuencia para preventivos: Dado que este tipo de actividades aplica para los casos en que la probabilidad de falla aumenta abruptamente al transcurrir un intervalo de tiempo, ese intervalo se puede determinar a partir de: a) la experiencia propia que se tenga sobre los equipos bajo sus condiciones ambientales y operativas, b) la definición de los fabricantes cuando no existe ninguna otra alternativa, c) la investigación con pruebas de campo, d) la investigación con apoyo de entidades especializadas cuando se trata de la implementación de nuevas tecnologías con las cuales se pretende aumentar los intervalos ya establecidos. En todos estos casos, es necesario contar con un muy buen registro de cada intervención que amerita el reacondicionamiento o el cambio, para esto, se requiere de un sistema de información adecuado, de un procedimiento que se aplique sistemáticamente y de personal calificado y comprometido (aptitud y actitud) con el mejoramiento.
- ✓ Determinación de frecuencia para búsqueda de fallas: Para las tareas que deben desarrollar los operadores, similar a la definición de las frecuencias para el monitoreo, las frecuencias deberán estar basadas en: a) la observación continua y los registros de fallas que se tengan, b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo, en caso de que sean nuevos o se desconozca su

comportamiento, c) la definición de intervalos arbitrarios, d) la investigación con entidades especializadas y, e) la consulta a expertos en el tema. La mayoría de estas actividades de detección de fallas son de una baja frecuencia, por turno, diaria, semanal o mensual, como máximo. Muy rara vez se les definen frecuencias altas (semestral, anual, bianual, etc.) ya que perderían su sentido.

Para la definición del recurso o talento humano, esta deberá basarse en las clasificaciones que se tengan del personal ejecutor y de ingeniería. Indicar que son técnicos mecánicos, técnicos electromecánicos, técnicos electricistas, técnicos de control e instrumentación, etc., Todo esto deberá estar alineado con la forma de operar el sistema de información y la forma de registrar en el mismo sistema las actividades, los tiempos y los recursos.

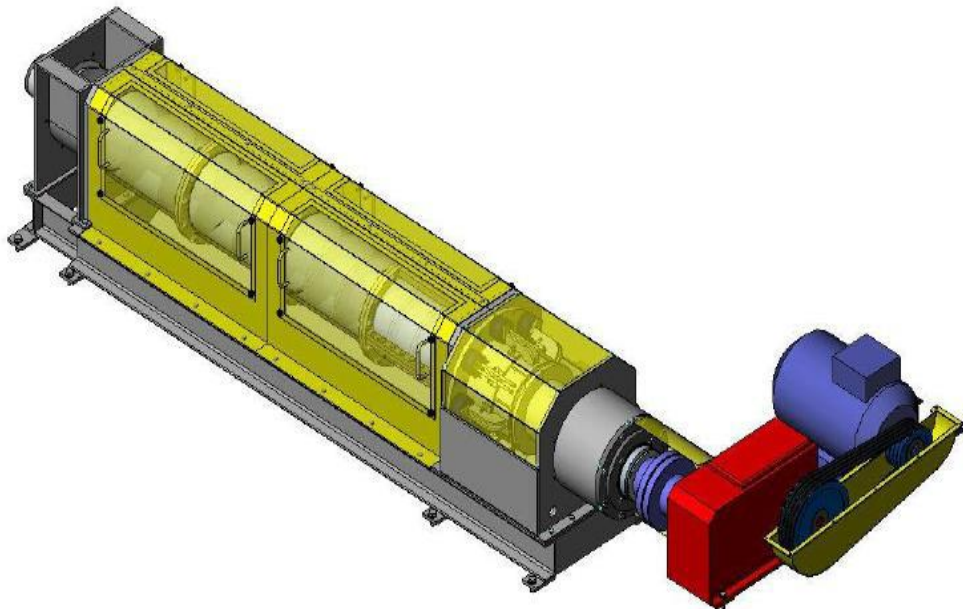
Por último, la definición de los materiales a utilizar corresponderá solamente a los que para el reacondicionamiento o cambio se requieran. Si se desea tener asegurada la disponibilidad de repuestos ante intervenciones originadas por los correctivos, detectivos o monitorios, corresponderá aplicar la metodología de Repuestos Alineados con el Riesgo y la Confiabilidad.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

Dentro de los conceptos que manejaremos en el desarrollo del proyecto, se encuentra el sistema seleccionado a estudiar, el cual comprende 6 equipos que definiremos a continuación.

**2.2.1 Prensa<sup>11</sup>.** Es el primer equipo del sistema, figura 6, el cual recibe la pasta y tiene como objetivo extraer gran parte de agua que contiene la pasta, por consecuencia aumentando la consistencia de la misma de un 5% a un 30% aproximadamente. El agua extraída de este equipo puede ser reutilizada en el proceso.

Figura 6. Prensa PV-1 SL, (Screw press)



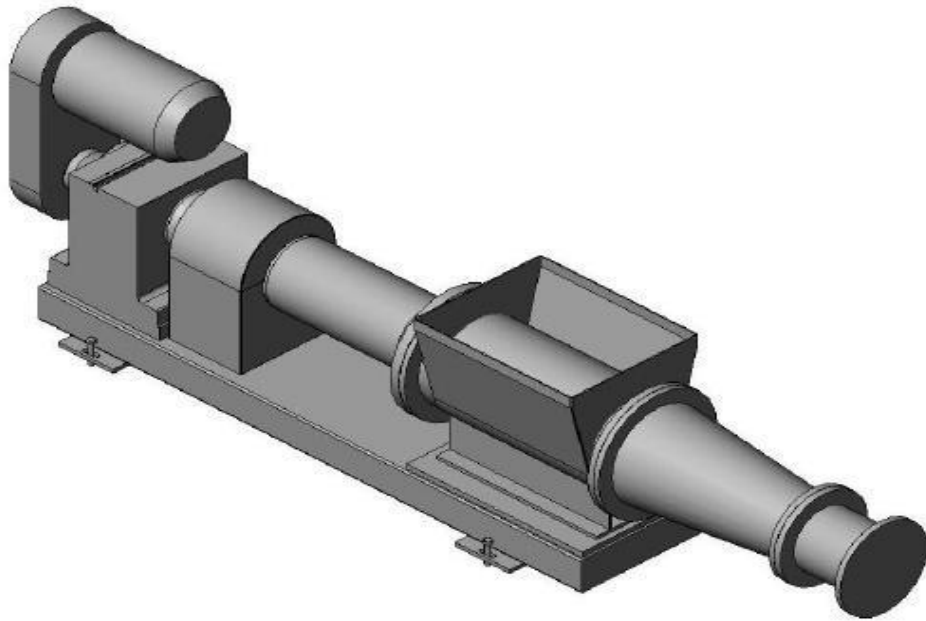
Fuente: Manual de instrucciones prensa (screw press) PV-1 SL

---

<sup>11</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones prensa (screw press) PV-1 SL. Italia, 2010

**2.2.2 Compactador**<sup>12</sup>. Una vez prensada la pasta, pasa al compactador, figura 7, el cual se utiliza para transportar el flujo de pasta a través de un cuerpo conuco, generando un tapón de pasta y así poder sellar el dispositivo de calentamiento permitiendo la salida del vapor bajo presión.

Figura 7. Compactador (Plug screw)



Fuente: Manual de instrucciones Compactador (Plug screw)

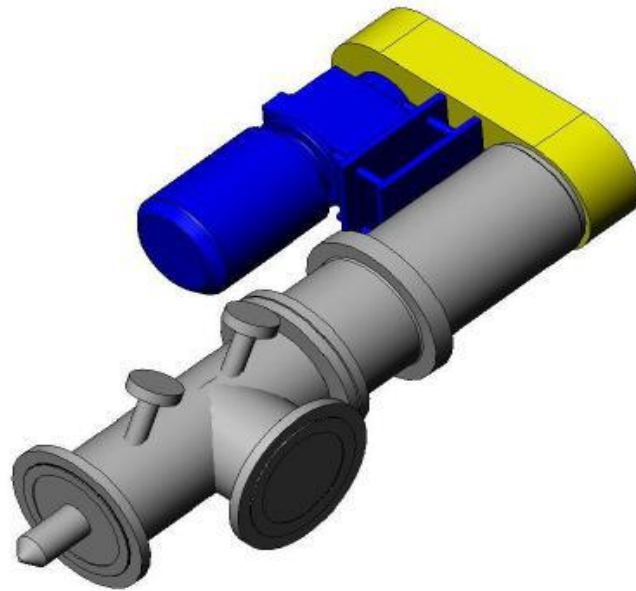
**2.2.3 Triturador**<sup>13</sup>. (Figura 8) El triturador se instala directamente después del compactador, como se muestra en la figura 9, del cual es alimentado. Su función es la de triturar la pasta que luego pasa al calentador, para mejorar el intercambio térmico con el vapor.

---

<sup>12</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones Compactador (Plug screw). Italia, 2010

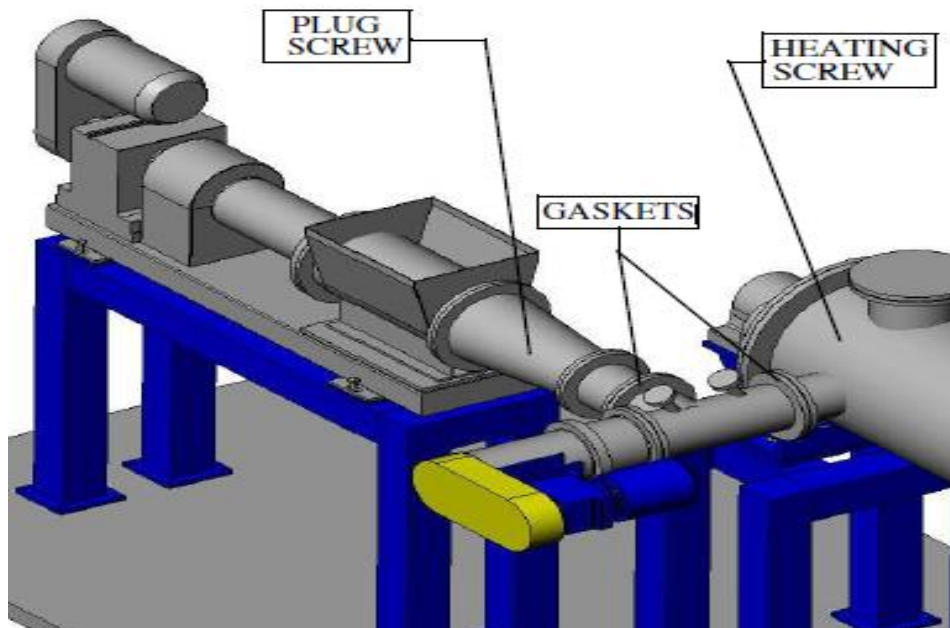
<sup>13</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones triturador. Italia, 2010

Figura 8. Triturador



Fuente: Manual de instrucciones triturador

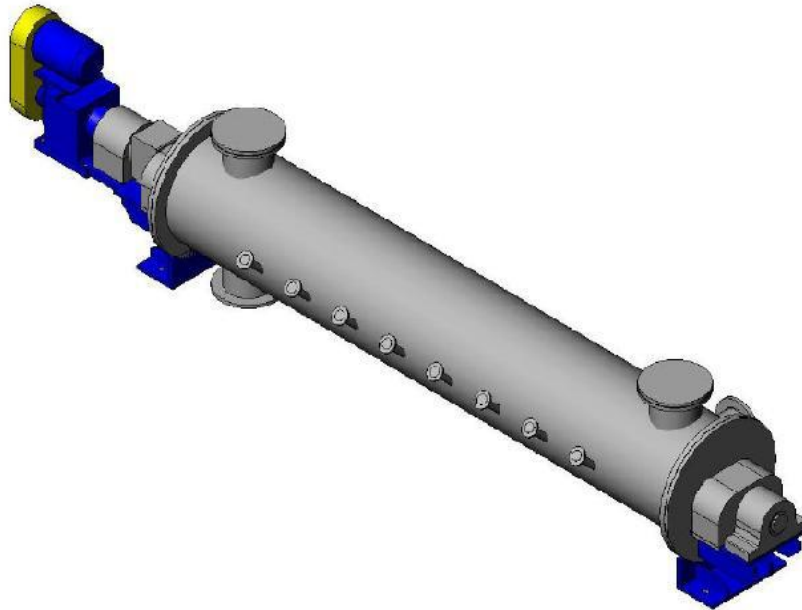
Figura 9. Instalación de triturador



Fuente: Manual de instrucciones triturador

**2.2.4 Calentador<sup>14</sup>.** (Figura 10) En el calentador la pasta se calienta por medio del vapor, con el objetivo de derretir las impurezas y de ablandar las fibras para el siguiente equipo.

Figura 10. Calentador (Heating screw) CSH- 1



Fuente: Manual de instrucciones Calentador (heating screw) CSH-1

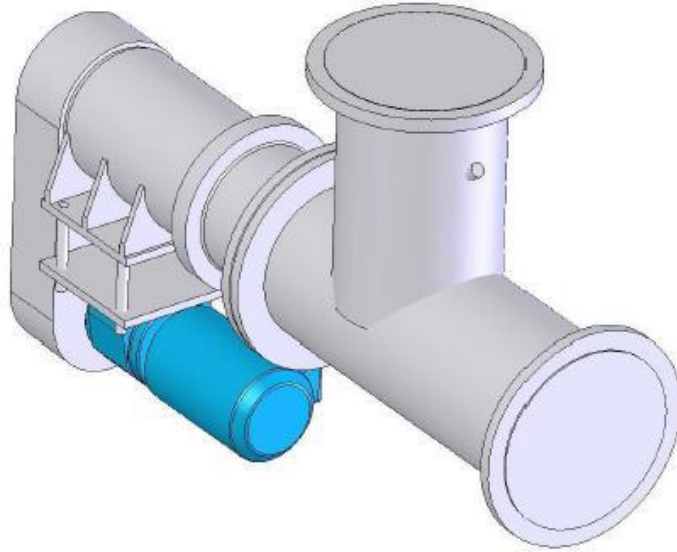
**2.2.5 Alimentador<sup>15</sup>.** (Figura 11) El alimentador es el encargado de transportar la pasta del calentador al dispersor. Va instalado seguidamente del calentador como se muestra en la figura 12.

---

<sup>14</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones Calentador (heating screw) CSH-1. Italia, 2010

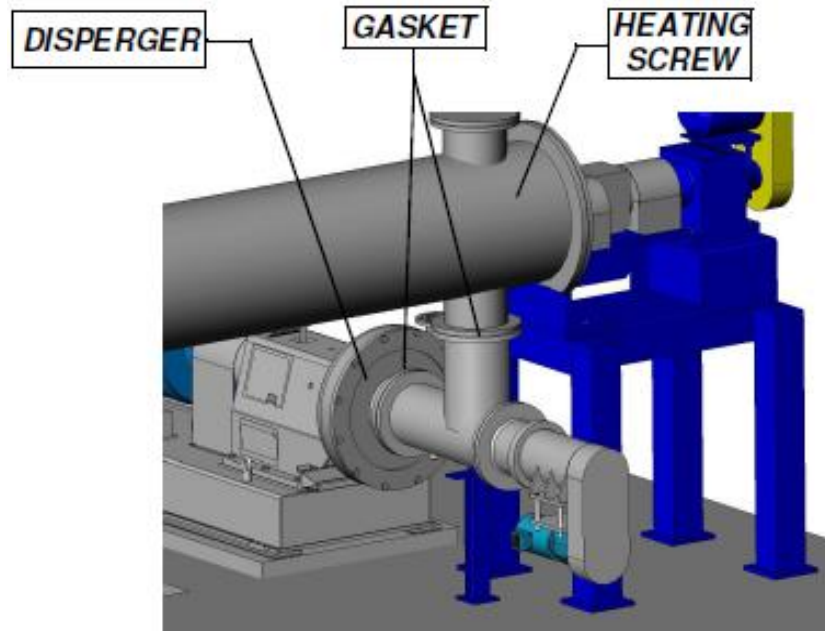
<sup>15</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones Alimentador (inffeder screw). Italia, 2010

Figura 11. Alimentador (Inffeder screw)



Fuente: Manual de instrucciones Alimentador (inffeder screw)

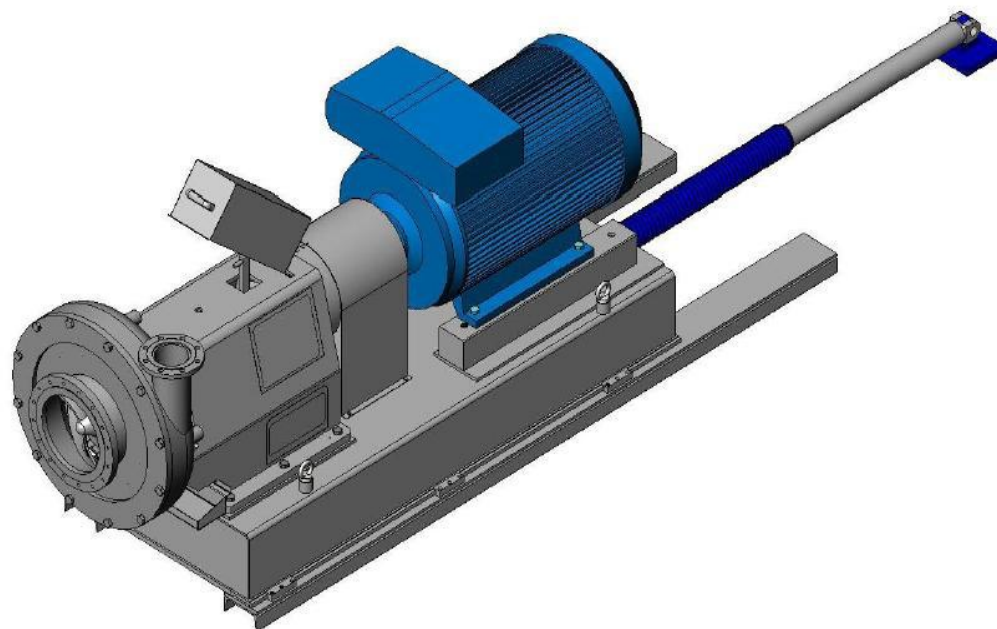
Figura 12. Instalación de Alimentador (Inffeder screw)



Fuente: Manual de instrucciones Alimentador (inffeder screw)

**2.2.6 Dispensor<sup>16</sup>.** Finalmente el dispensor, ver figura 13, dispersa la pasta, generando una dispersión fina de las impurezas presentes en la pasta, obteniendo como resultado final una pasta más limpia y blanca, lista para convertirse en papel.

Figura 13. Dispensor a disco CDD-2.



Fuente: Manual de instrucciones. Dispensor a disco CDD-2

---

<sup>16</sup> COMER S.P.A, Manual de instrucciones. Dispensor a disco CDD-2. Italia, 2010

### 3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

#### 3.1 PREPARACIÓN DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de la metodología RCM, se conformara un grupo interdisciplinario, con todas las personas implicadas en el proceso, los cuales participaran directamente en el desarrollo de la metodología.

Una vez se defina las personas que integraran el grupo de trabajo, se les socializaran los objetivos y la justificación del proyecto, y se definirán funciones y se recopilara información necesaria para tener como soporte.

El grupo de trabajo estará conformado por los siguientes participantes:

- ✓ 1 Técnico en mantenimiento, con experiencia en reparación y mantenimiento del sistema.
- ✓ 1 Profesional en mantenimiento, con experiencia en el mantenimiento y funcionamiento del sistema.
- ✓ 1 Consultor en metodología RCM, servirá como facilitador del desarrollo de la metodología.
- ✓ 1 Digitador, con experiencia en manejo de software de mantenimiento, para suministrar y recolectar información.

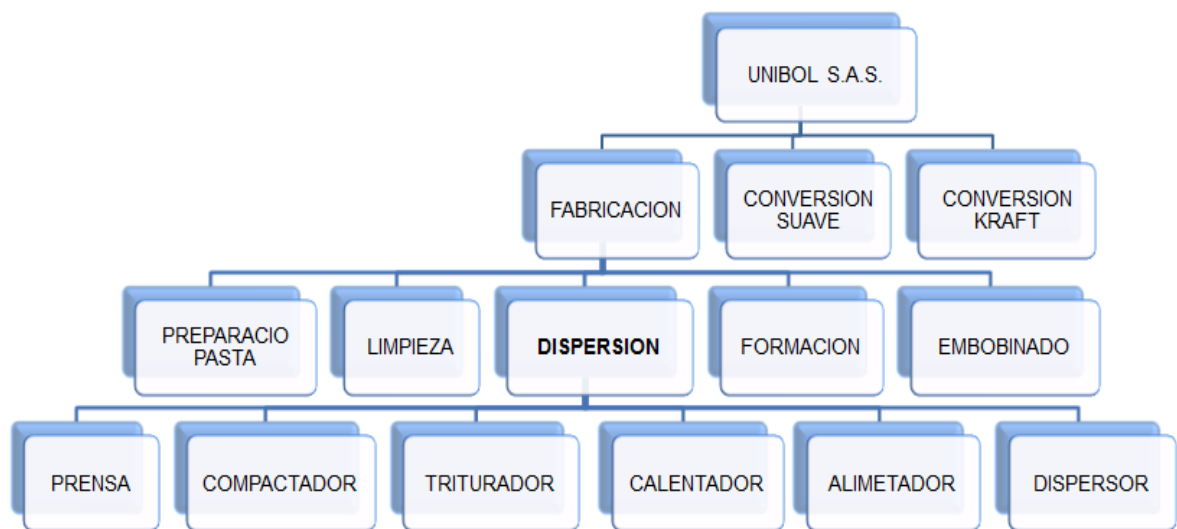
Además de definir el grupo de trabajo también es necesario tener a la mano la siguiente información para el desarrollo de la metodología:

- ✓ Manuales técnicos del fabricante del sistema de dispersión.
- ✓ Planos y dibujos relacionados con el sistema de dispersión.
- ✓ Datos y estándares de operación del sistema de dispersión.
- ✓ Información de mantenimiento del sistema de dispersión como por ejemplo, históricos, fallas recurrentes, lista de repuestos, procedimientos entre otros.
- ✓ Formatos donde se registrara la información levantada.

## 3.2 TAXONOMIA, FRONTERAS E INTERFACES

**3.2.1 Taxonomía.** Para arrancar de lleno con el desarrollo de la metodología RCM para el sistema de dispersión se requiere definir y ubicar el sistema objeto de estudio, por consiguiente se hace la taxonomía de la compañía. Comenzando desde lo macro hasta llegar al elemento más bajo.

Figura 14. Esquema Jerárquico



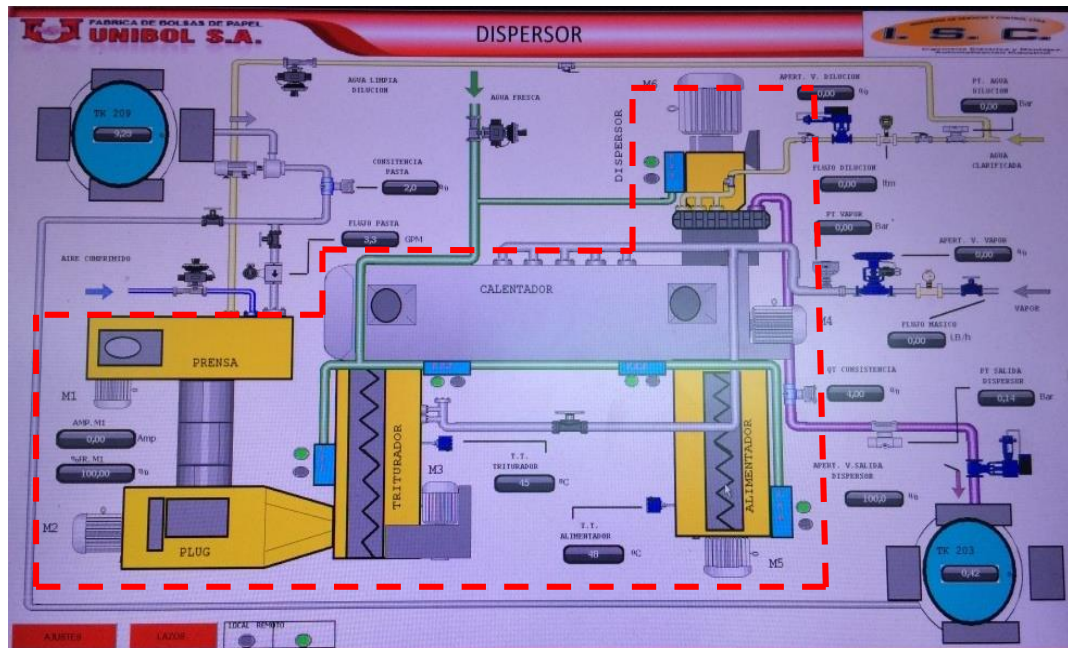
Fuente: El autor

Como podemos ver en la figura 14 el esquema jerárquico, podemos ubicar el sistema de dispersión con sus respectivos elementos que lo conforman, los cuales serán objeto de estudio individualmente.

**3.2.2 Fronteras.** Una vez ubicado e identificado el sistema de dispersión, se prosigue a delimitar las fronteras, como podemos ver en la figura 15.

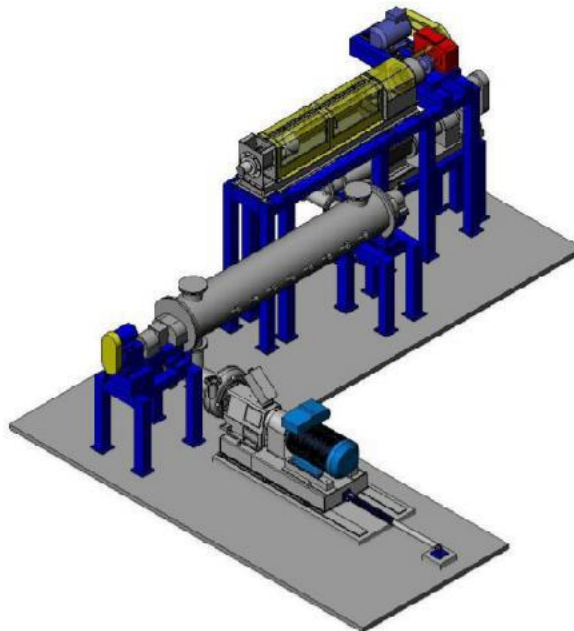
Para el estudio del sistema de dispersión solo tendremos en cuenta los equipos que lo componen iniciando desde la entrada de pasta en la prensa, hasta la salida de pasta del dispersor. Como podemos identificar en la Figura 16. Los equipos o componentes que quedaron fuera de la frontera no van a ser de interés para nuestro estudio.

Figura 15. Fronteras



Fuente: Panel de control de sistemas de dispersión.

Figura 16. Sistema sometido a estudio



Fuente: Manual de instrucciones, sistema de dispersión caliente, modelo HDS 60TDP





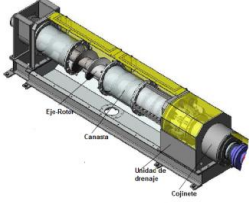
**3.2.3 Contexto operacional.** Para el sistema de dispersión hemos definido las siguientes características generales que tienen que ver con las condiciones tanto operacionales, no operacionales, y ambientales del sistema.

- ✓ Ciclos de trabajo, trabaja 24/7
- ✓ No existen sistemas redundantes o de stand by
- ✓ Consistencia de la pasta de entrada de 2%-4%
- ✓ Temperatura, tiene variaciones entre 120°C – 140°C
- ✓ Sometido a ataques químicos
- ✓ Entradas permanentes de agua, vapor y aire comprimido

**3.2.4 Funciones.** Se definieron las funciones para cada equipo de forma individual, para facilitar el estudio. Además sus características técnicas e interfaces de entrada y salida.

**3.2.4.1 Funciones, características técnicas e interfaces para la prensa.** A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para la prensa, ver tabla 1.

Tabla 1. Funciones, características técnicas e interfaces de la prensa





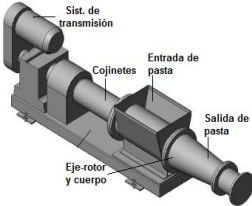
Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód.. Función	Funciones
		In	On			
Motor	Potencia: 75 Hp	Recibe corriente de sub-estación	Entrega energía mecánica		1	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo
	Voltaje: 440 V	Recibe señal de frecuencia de variador de velocidad	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador			
	Frecuencia: 60 Hz	Recibe señal de PLC	polea Ø13.5"			
	RPM: 1750					
Transmisión por polea y correa						
Caja reductora	Torque nominal: 19000 Nm	RPM: 1750	RPM: 80		2	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones
	Relación: 21.6:1	Aceite para lubricación	Transmisión por acople directo con el eje-rotor		3	Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones
	Transmisión por polea y correa	polea Ø16"	Acople tipo engranaje			
	Transmisión por acople directo con el eje-rotor					
Correas	Correas trapezoidales tipo C	polea Ø13.5"	polea Ø16"		4	Transmitir potencia entre motor y reductor
	Cantidad: 3				5	Romperse o deslizarse en caso de atascamiento
Acople	Acople tipo engranaje	Eje reductor	Eje-rotor		6	Transmitir potencia entre reductor y eje-rotor
					7	Romperse en caso de atascamiento
Cuerpo	Eje-Rotor (tornillo sin fin)	Consistencia de la pasta: 2%-4%	Consistencia de la pasta: 20%-22%		8	Espesar la pasta, extrayendole agua parcialmente
	Canasta	Aire comprimido: presión min. 4Bar	Agua		9	Transportar la pasta hacia el compactador
	Rodamientos					

Fuente: El autor

### 3.2.4.2 Funciones, características técnicas e interfaces para el compactador.

A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para el compactador, ver tabla 2.



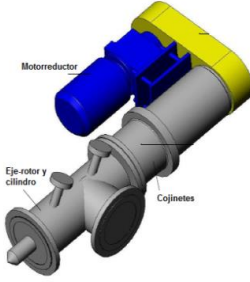
Tabla 2. Funciones, características técnicas e interfaces del compactador

Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód.. Función	Funciones		
		In	On					
Motor	Potencia: 30 Hp	Recibe corriente de sub-estación eléctrica	Entrega energía mecánica		10	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo		
	Voltaje: 440 V	Recibe señal de PLC	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador					
	Frecuencia: 60 Hz		polea Ø10"					
	RPM: 1750							
	Transmisión por polea y correa							
Caja reductora	Torque nominal: 12000 Nm	RPM: 1750	RPM: 79		11	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones		
	Relación: 22:1	Aceite para lubricación	Transmisión por acople directo con el eje-rotor					
	Transmisión por polea y correa	polea Ø10"	Acople tipo engranaje					
	Transmisión por acople directo con el eje-rotor							
Correas	Correas trapecoidales tipo C	polea Ø10"	polea Ø10"		13	Transmitir potencia entre motor y reductor		
	Cantidad: 3						14	Romperse o deslizarse en caso de atascamiento
Acople	Acople tipo engranaje	Eje reductor	Eje-rotor		15	Transmitir potencia entre reductor y eje-rotor		
							16	Romperse en caso de atascamiento
Cuerpo	Eje-Rotor	Consistencia de la pasta: 20%-22%	Consistencia de la pasta: 25%-28%		17	Compactar la pasta, para facilitar el calentamiento en las etapas siguientes		
	Cilindro cónico		Agua				18	Transportar la pasta hacia el triturador
	Rodamientos							

Fuente: El autor

**3.2.4.3 Funciones, características técnicas e interfaces para el triturador.** A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para el triturador, ver tabla 3.





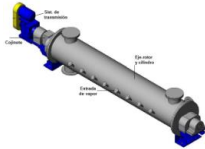
Tabla 3. Funciones, características técnicas e interfaces del triturador

Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód.. Función	Funciones
		In	On			
Motorreductor	Potencia: 10 Hp	Recibe corriente de sub-estación eléctrica	Entrega energía mecánica		19	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo
	Voltaje: 440 V	Recibe señal de PLC	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador		20	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones
	Frecuencia: 60 Hz		polea Ø7"		21	Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones
	Relación: 7.1:1		RPM: 240			
	Transmisión por polea y correa					
Correa	Correa sincrónica	polea dentada Ø7"	polea dentada Ø7"		22	Transmitir potencia entre motorreductor y eje-rotor
					23	Romperse o deslizarse en caso de atascamiento
Cuerpo	Eje-Rotor	Consistencia de la pasta: 25%-28%	Consistencia de la pasta: 25%-28%		24	Triturar la pasta, que luego pasa al calentador, para facilitar el intercambio térmico con el vapor
	Cilindro	Agua a 35°C, para refrigeración de la empaquetadura de la caja stopera			25	Transportar la pasta hacia el calentador
	Rodamientos	Químicos				

Fuente: El autor

**3.2.4.4 Funciones, características técnicas e interfaces para el calentador.** A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para el calentador, ver tabla 4.



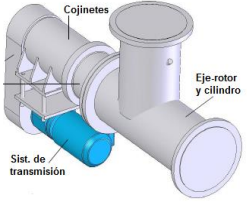
Tabla 4. Funciones, características técnicas e interfaces del calentador

Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód.. Función	Funciones
		In	On			
Motor	Potencia: 30 Hp	Recibe corriente de sub-estación eléctrica	Entrega energía mecánica		26	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo
	Voltaje: 440 V	Recibe señal de PLC	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador			
	Frecuencia: 60 Hz RPM: 1750		polea Ø10"			
	Transmisión por polea y correa					
Caja reductora	Torque nominal: 12000 Nm	RPM: 1750	RPM: 79		27	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones
	Relación: 22:1	Aceite para lubricación	Transmisión por acople directo con el eje-rotor		28	Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones
	Transmisión por polea y correa	polea Ø10"	Acople tipo engranaje			
	Transmisión por acople directo con el eje-rotor					
Correas	Correas trapezoidales tipo C	polea Ø10"	polea Ø10"		29	Transmitir potencia entre motor y reductor
	Cantidad: 3				30	Romperse o deslizarse en caso de atascamiento
Acople	Acople tipo engranaje	Eje reductor	Eje-rotor		31	Transmitir potencia entre reductor y reductor
					32	Romperse en caso de atascamiento
Cuerpo	Eje-Rotor	Consistencia de la pasta: 25%-28%	Consistencia de la pasta: 25%-28%		33	Calentar la pasta, para derretir las impurezas existentes
	Cilindro	Agua a 35°C, para refrigeración de la empaquetadura de la caja stopera	Transfiere calor a través del cuerpo		34	Transportar la pasta hacia el alimentador, por medio de un eje-rotor (tornillo sinfin)
	Rodamientos	Vapor de agua			35	Suavizar la pasta, para que en las próximas etapas sean mas suaves y consuma menos energía

Fuente: El autor

**3.2.4.5 Funciones, características técnicas e interfaces para el alimentador.** A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para el alimentador, ver tabla 5.




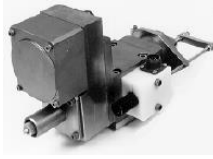
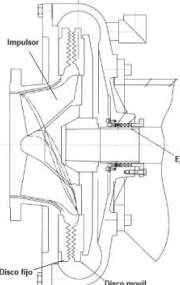
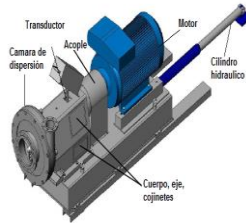
**Tabla 5. Funciones, características técnicas e interfaces del alimentador**

Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód.. Función	Funciones	
		In	On				
Motorreductor	Potencia: 7.5 Hp	Recibe corriente de sub-estación eléctrica	Entrega energía mecánica		36	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo	
	Voltaje: 440 V	Recibe señal de PLC	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador			37	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones
	Frecuencia: 60 Hz		polea Ø7"			38	Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones
	Relación: 7.1:1		RPM: 240				
	Transmisión por polea y correa						
Correa	Correa sincrónica	polea dentada Ø7"	polea dentada Ø7"		39	Transmitir potencia entre motorreductor y eje-rotor	
						40	Romperse o deslizarse en caso de atascamiento
Cuerpo	Eje-Rotor	Consistencia de la pasta: 25%-28%	Consistencia de la pasta: 25%-28%		41	Triturar o desmenuzar la pasta, que luego pasa al dispersor,	
	Cilindro cónico	Agua a 35°C, para refrigeración de la empaquetadura de la caja stopera				42	Transportar la pasta hacia el dispersor
	Rodamientos	Químicos					

Fuente: El autor

**3.2.4.6 Funciones, características técnicas e interfaces para el dispersor.** A continuación las funciones, características técnicas e interfaces para el dispersor, ver tabla 6.

Tabla 6. Funciones, características técnicas e interfaces del dispersor

Elemento de estudio	Características técnicas	Interfaces		Descripción del componente	Cód. Función	Funciones		
		In	On					
Motor	Potencia: 300 Hp Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz	Recibe corriente de sub-estación	Entrega energía mecánica		43	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo		
	RPM: 1800	Recibe señal de frecuencia de variador de velocidad	Transfiere calor a través del cuerpo y ventilador					
	Transmisión por acople directo	Recibe señal de PLC	Acople tipo engranaje					
Acople	Acople tipo engranaje	Eje motor	Eje-rotor		44	Transmitir potencia entre motor y reductor		
					45	Romperse en caso de atascamiento		
Cilindro hidráulico	Cilindro hidráulico de doble efecto	Aceite hidráulico ISO 68	Aceite hidráulico ISO 68		46	Desplazar el equipo, para apertura o cierre de la cámara de dispersión		
	Recorrido: 800mm	Manguera	Manguera					
Transductor (control de GAP)	Voltaje: 24 V	Señal desde PLC	Señal a unidad hidráulica		47	Generar señal para sistema de control de GAP de discos.		
	Componente hidráulico							
Cámara de dispersión	Discos de dispersión	Consistencia de la pasta: 25%-28%	Consistencia de la pasta: 4% - 4.5%		48	Dispersar las partículas indeseadas		
	Impulsor	Agua de dilución para bajar la consistencia de la pasta. P>3Bar					49	Bompear la pasta tratada hacia los tanques
	Eje	Agua a 35°C, para refrigeración de la empaquetadura de la caja stopera						
Cuerpo	Cilindro (sist. De control de GAP)	Aceite hidráulico ISO 68	Aceite hidráulico ISO 68		50	Desplazar el disco móvil, dentro de la cámara de dispersión, para controlar separación entre discos		
	Eje	Manguera	Manguera					
	Rodamientos							

Fuente: El autor

### 3.3 FALLAS FUNCIONALES, ANALISIS DE MODOS FALLA EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA).

Siguiendo con el desarrollo de la metodología RCM, definimos las fallas funcionales.

**3.3.1 Fallas funcionales y FMECA de la prensa.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes de la prensa del sistema de dispersión. Ver tabla 7.

Tabla 7. Definición de fallas funcionales y FMECA de la prensa

Componente	Motor									
Cód. Función	1									
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo									
Cód.. Falla	1.1		1.2	1.3	1.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento		Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód.. Modo falla	1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.3.1	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desengastado	Motor en dos fases	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No prensa la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 40.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

Tabla 7. Continuación

Componente	Caja reductora									
Cód. Función	2					3				
Función	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones					Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones				
Cód. Falla Funcional	2.1			2.2		3.1			3.2	
Descripción de la falla funcional	No aumenta la potencia generada por el motor			No puede mover la carga		No genera movimiento			Genera las RPM no requeridas	
Cód. Modo falla	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.2.1	2.2.2	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2
Modo de falla	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Vr. Del riesgo económico	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 7. Continuación

Componente	Correas					Acople			
Cód. Función	4					5	6		7
Función	Transmitir potencia entre motor y reductor					Romperse o deslizarse en caso de atascamiento	Transmitir potencia entre reductor y eje-rotor		Romperse en caso de atascamiento
Cód. Falla Funcional	4.1			4.2		5.1	6.1		7.1
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia			Transmite menos potencia		No se rompen en caso de atascamiento	No transmite potencia		No se rompen en caso de atascamiento
Cód. Modo falla	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	5.1.1	6.1.1	6.1.2	5.1.1
Modo de falla	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C4	C3	C3	C3	C3
Riesgo Imagen	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C3
Vr. Del riesgo económico	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 40.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 40.000.000

Tabla 7. Continuación

Componente	Cuerpo									
Cód. Función	8					9				
Función	Espesar la pasta, extrayéndole agua parcialmente					Transportar la pasta hacia el compactador				
Cód.. Falla Funcional	8.1		8.2			9.1		9.2		
Descripción de la falla funcional	No extrae agua		Extrae poca agua			No transporta pasta		Transporta poca pasta		
Cód.. Modo falla	8.1.1	8.1.2	8.2.1	8.2.2	8.2.3	9.1.1	9.1.2	9.2.1	9.2.2	9.2.3
Modo de falla	Eje (tornillo sin fin) partido	Canasta partida	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	D5	D5	C4	C4	C4	D5	D5
Riesgo Humano	C5	C5	C5	D5	D5	C5	C5	C5	D5	D5
Riesgo Económico	C2	C3	C4	D3	D3	C2	C3	C4	D3	D3
Riesgo Imagen	C3	C3	C4	D4	D4	C3	C3	C4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 120.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 120.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

**3.3.2 Fallas funcionales y FMECA del compactador.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes del compactador del sistema de dispersión. Ver tabla 8.

Tabla 8. Definición de fallas funcionales y FMECA del compactador

Componente	Motor									
Cód. Función	10									
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo									
Cód. Falla Funcional	10.1		10.2	10.3	10.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento		Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód. Modo falla	10.1.1	10.1.2	10.2.1	10.3.1	10.4.1	10.4.2	10.4.3	10.4.4	10.4.5	10.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenergizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No compacta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 40.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

Tabla 8. Continuación

Componente	Caja reductora									
Cód. Función	11					12				
Función	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones					Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones				
Cód. Falla Funcional	11.1			11.2		12.1			12.2	
Descripción de la falla funcional	No aumenta la potencia generada por el motor			No puede mover la carga		No genera movimiento			Genera las RPM no requeridas	
Cód. Modo falla	11.1.1	11.1.2	11.1.3	11.2.1	11.2.2	12.1.1	12.1.2	12.1.3	12.2.1	12.2.2
Modo de falla	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Vr. Del riesgo económico	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 8. Continuación

Componente	Correas					Acople			
Cód. Función	13					14	15		16
Función	Transmitir potencia entre motor y reductor					Romperse o deslizarse en caso de atascamiento	Transmitir potencia entre reductor y eje-rotor		Romperse en caso de atascamiento
Cód.. Falla Funcional	13.1			13.2		14.1	15.1		16.1
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia			Transmite menos potencia		No se rompen en caso de atascamiento	No transmite potencia		No se rompen en caso de atascamiento
Cód.. Modo falla	13.1.1	13.1.2	13.1.3	13.2.1	13.2.2	14.1.1	15.1.1	15.1.2	16.1.1
Modo de falla	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizándose	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C4	C3	C3	C3	C3
Riesgo Imagen	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C3
Vr. Del riesgo económico	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 40.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 40.000.000

Tabla 8. Continuación

Componente	Cuerpo					18				
Cód. Función	17					18				
Función	Compactar la pasta, para facilitar el calentamiento en las etapas siguientes					Transportar la pasta hacia el triturador				
Cód.. Falla Funcional	17.1		17.2			18.1		18.2		
Descripción de la falla funcional	No compacta la pasta		Baja compactación			No transporta pasta		Transporta poca pasta		
Cód.. Modo falla	17.1.1	17.1.2	17.2.1	17.2.2	17.2.3	18.1.1	18.1.2	18.2.1	18.2.2	18.2.3
Modo de falla	Eje (tomillo sin fin) partido	Cilindro cónico partido	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de cilindro cónico	Perdida del GAP entre tornillo y el cilindro	Eje (tomillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	D5	D5	C4	C4	C4	D5	D5
Riesgo Humano	C5	C5	C5	D5	D5	C5	C5	C5	D5	D5
Riesgo Económico	C2	C3	C4	D3	D3	C2	C3	C4	D3	D3
Riesgo Imagen	C3	C3	C4	D4	D4	C3	C3	C4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 100.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 120.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

**3.3.3 Fallas funcionales y FMECA del triturador.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes del triturador del sistema de dispersión. Ver tabla 9.

**Tabla 9. Definición de fallas funcionales y FMECA del triturador**

Componente	Motorreductor											
Cód. Función	19											
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo											
Cód. Falla Funcional	19.1				19.2	19.3	19.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento				Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód. Modo falla	19.1.1	19.1.2	19.1.3	19.1.4	19.2.1	19.3.1	19.4.1	19.4.2	19.4.3	19.4.4	19.4.5	19.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenergizado	Piñones partidos o desgastados	Eje partido	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No tritura ni transporta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 30.000.000	\$ 12.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

**Tabla 9. Continuación**

Componente	Motorreductor										
Cód. Función	20					21					
Función	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones					Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones					
Cód. Falla Funcional	20.1			20.2	21.1			21.2			
Descripción de la falla funcional	No aumenta la potencia generada por el motor			No puede mover la carga	No genera movimiento			Genera las RPM no requeridas			
Cód. Modo falla	20.1.1	20.1.2	20.1.3	20.2.1	20.2.2	21.1.1	21.1.2	21.1.3	21.2.1	21.2.2	
Modo de falla	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada	
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4	
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4	
Vr. Del riesgo económico	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	

Tabla 9. Continuación

Componente	Correas					
Cód. Función	22					23
Función	Transmitir potencia entre motorreductor y eje-rotor					
Cód.. Falla Funcional	22.1			22.2		23.1
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia			Transmite menos potencia		No se rompen en caso de atascamiento
Cód.. Modo falla	22.1.1	22.1.2	22.1.3	22.2.1	22.2.2	23.1.1
Modo de falla	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
Falla oculta	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C4	C3
Riesgo Imagen	C4	C4	C4	C4	C4	C3
Vr. Del riesgo económico	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 40.000.000

Tabla 9. Continuación

Componente	Cuerpo									
Cód. Función	24					25				
Función	Triturar la pasta, que luego pasa al calentador, para facilitar el intercambio térmico con el vapor					Transportar la pasta hacia el calentador				
Cód.. Falla Funcional	24.1		24.2			25.1		25.2		
Descripción de la falla funcional	No tritura la pasta		Tritura poca pasta			No transporta pasta		Transporta poca pasta		
Cód.. Modo falla	24.1.1	24.1.2	24.2.1	24.2.2	24.2.3	25.1.1	25.1.2	25.2.1	25.2.2	25.2.3
Modo de falla	Eje (tornillo sin fin) partido	Cilindro partido	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	D5	D5	C4	C4	C4	D5	D5
Riesgo Humano	C4	C4	C5	D5	D5	C4	C5	C5	D5	D5
Riesgo Económico	C2	C3	C4	D3	D3	C2	C3	C4	D3	D3
Riesgo Imagen	C3	C3	C4	D4	D4	C3	C3	C4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 80.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 80.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

**3.3.4 Fallas funcionales y FMECA del calentador.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes del calentador del sistema de dispersión. Ver tabla 10.

Tabla 10. Definición de fallas funcionales y FMECA del calentador

Componente	Motor									
Cód. Función	26									
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo									
Cód. Falla Funcional	26.1		26.2	26.3	26.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento		Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód. Modo falla	26.1.1	26.1.2	26.2.1	26.3.1	26.4.1	26.4.2	26.4.3	26.4.4	26.4.5	26.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenergizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No calienta la pasta, lo deseado	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 40.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

Tabla 10. Continuación

Componente	Caja reductora									
Cód. Función	27					28				
Función	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones					Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones				
Cód. Falla Funcional	27.1			27.2		28.1			28.2	
Descripción de la falla funcional	No aumenta la potencia generada por el motor			No puede mover la carga		No genera movimiento			Genera las RPM no requeridas	
Cód. Modo falla	27.1.1	27.1.2	27.1.3	27.2.1	27.2.2	28.1.1	28.1.2	28.1.3	28.2.1	28.2.2
Modo de falla	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Vr. Del riesgo económico	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 10. Continuación

Componente	Correas					Acople				
Cód. Función	29					30	31			32
Función	Transmitir potencia entre motor y reductor					Romperse o deslizarse en caso de atascamiento	Transmitir potencia entre reductor y reductor		Romperse en caso de atascamiento	
Cód.. Falla Funcional	29.1		29.2			30.1	31.1		32.1	
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia			Transmite menos potencia		No se rompen en caso de atascamiento	No transmite potencia		No se rompen en caso de atascamiento	
Cód.. Modo falla	29.1.1	29.1.2	29.1.3	29.2.1	29.2.2	30.1.1	31.1.1	31.1.2	32.1.1	
Modo de falla	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizándose	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado	
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C4	C3	C3	C3	C3	
Riesgo Imagen	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C3	
Vr. Del riesgo económico	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 40.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 40.000.000	

Tabla 10. Continuación

Componente	Cuerpo					34				
Cód. Función	33					34				
Función	Calentar la pasta, para derretir las impurezas existentes					Transportar la pasta hacia el alimentador				
Cód.. Falla Funcional	33.1		33.2		33.3	34.1		9.2		
Descripción de la falla funcional	No calienta la pasta		La pasta se calienta menos de lo debido		La pasta se calienta mas de lo debido	No transporta pasta		Transporta poca pasta		
Cód.. Modo falla	8.1.1	8.1.2	8.2.1	8.2.2		9.1.1	9.1.2	9.2.1	9.2.2	9.2.3
Modo de falla	Entradas de vapor obstruidas	Suministro de vapor cerrado	Velocidad alta del tornillo sin fin	Baja presión de vapor	Velocidad baja del tornillo sin fin	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 1 hora	Genera producto no conforme	Genera producto no conforme	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	D5	C4	E5	E5	E5	C4	C4	C4	D5	D5
Riesgo Humano	D4	C4	E4	E4	E4	C5	C5	C5	D5	D5
Riesgo Económico	D4	C3	E3	E3	E4	C2	C3	C4	D3	D3
Riesgo Imagen	D5	C3	E4	E4	E4	C3	C3	C4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 20.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 120.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

**3.3.5 Fallas funcionales y FMECA del alimentador.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes del alimentador del sistema de dispersión. Ver tabla 11.

**Tabla 11. Definición de fallas funcionales y FMECA del alimentador**

Componente	Motorreductor											
Cód. Función	36											
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo											
Cód. Falla Funcional	36.1				36.2	36.3	36.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento				Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód. Modo falla	36.1.1	36.1.2	36.1.3	36.1.4	36.2.1	36.3.1	36.4.1	36.4.2	36.4.3	36.4.4	36.4.5	36.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenergizado	Piñones partidos o desgastados	Eje partido	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No tritura ni transporta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 30.000.000	\$ 12.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

**Tabla 11. Continuación**

Componente	Motorreductor									
Cód. Función	37					38				
Función	Aumentar potencia generada por el motor a través del conjunto de piñones					Reduce velocidad generada por el motor, por medio de la relación de los piñones				
Cód. Falla Funcional	37.1			37.2		38.1			38.2	
Descripción de la falla funcional	No aumenta la potencia generada por el motor			No puede mover la carga		No genera movimiento			Genera las RPM no requeridas	
Cód. Modo falla	37.1.1	37.1.2	37.1.3	37.2.1	37.2.2	38.1.1	38.1.2	38.1.3	38.2.1	38.2.2
Modo de falla	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Riesgo Imagen	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C3	C3	C4	C4
Vr. Del riesgo económico	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 11. Continuación

Componente	Correas					
Cód. Función	39					40
Función	Transmitir potencia entre motorreductor y eje-rotor					
Cód.. Falla Funcional	39.1			39.2		40.1
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia			Transmite menos potencia		No se rompen en caso de atascamiento
Cód.. Modo falla	39.1.1	39.1.2	39.1.3	39.2.1	39.2.2	40.1.1
Modo de falla	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
Falla oculta	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Riesgo Humano	C5	C5	C5	C5	C5	C5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	C4	C4	C3
Riesgo Imagen	C4	C4	C4	C4	C4	C3
Vr. Del riesgo económico	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 40.000.000

Tabla 11. Continuación

Componente	Cuerpo									
Cód. Función	41					42				
Función	Triturar o desmenuzar la pasta, que luego pasa al dispersor,					Transportar la pasta hacia el dispersor				
Cód.. Falla Funcional	41.1		41.2			42.1		42.2		
Descripción de la falla funcional	No tritura la pasta		Tritura poca pasta			No transporta pasta		Transporta poca pasta		
Cód.. Modo falla	41.1.1	41.1.2	41.2.1	41.2.2	41.2.3	42.1.1	42.1.2	42.2.1	42.2.2	42.2.3
Modo de falla	Eje (tornillo sin fin) partido	Cilindro partido	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	D5	D5	C4	C4	C4	D5	D5
Riesgo Humano	C4	C4	C5	D5	D5	C4	C5	C5	D5	D5
Riesgo Económico	C2	C3	C4	D3	D3	C2	C3	C4	D3	D3
Riesgo Imagen	C3	C3	C4	D4	D4	C3	C3	C4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 80.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 80.000.000	\$ 32.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

**3.3.6 Fallas funcionales y FMECA del dispersor.** A continuación se definieron las fallas funcionales y el análisis de modo, efectos y criticidad de falla, de los componentes del dispersor del sistema de dispersión. Ver tabla 12.

Tabla 12. Definición de fallas funcionales y FMECA del dispersor

Componente	Motor									
Cód. Función	43									
Función	Transformar energía eléctrica en energía mecánica, para generar movimiento a todo el equipo									
Cód.. Falla Funcional	43.1		43.2	43.3	43.4					
Descripción de la falla funcional	No genera movimiento		Genera poco movimiento	Movimiento en sentido contrario	Sobre consumo de energía					
Cód.. Modo falla	43.1.1	43.1.2	43.2.1	43.2.2	43.4.1	43.4.2	43.4.3	43.4.4	43.4.5	43.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenergizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No dispersa las partículas indeseadas de la pasta y además no es capaz de bombear	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	D5	C4	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	D5	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Riesgo Económico	C3	C3	D4	C4	C3	C3	C3	E4	D4	E4
Riesgo Imagen	C3	C3	D3	C5	C4	C4	C4	E5	D5	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 120.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000

Tabla 12. Continuación

Componente	Acople			Cuerpo			
Cód. Función	44		45	46			
Función	Transmitir potencia entre reductor y reductor		Romperse en caso de atascamiento	Desplazar el equipo, para apertura o cierre de la cámara de dispersión			
Cód.. Falla Funcional	44.1		45.1	46.1		46.2	
Descripción de la falla funcional	No transmite potencia		No se rompen en caso de atascamiento	No cierra ni abre la cámara de dispersión		El cilindro no realiza todo el recorrido	
Cód.. Modo falla	44.1.1	44.1.2	45.1.1	46.1.1	46.1.2	46.2.1	46.2.2
Modo de falla	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado	Presión hidráulica baja	Cilindro con pase de aceite	Presión hidráulica baja	Cilindro con pase de aceite
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Demoras en actividades que requieran abrir la cámara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la cámara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la cámara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la cámara de dispersión
Falla oculta	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	C4	C4	D5	D5	D5	D5
Riesgo Humano	C5	C5	C5	D5	D5	D5	D5
Riesgo Económico	C3	C3	C3	D4	D4	D4	D4
Riesgo Imagen	C4	C4	C3	D5	D5	D5	D5
Vr. Del riesgo económico	\$ 48.000.000	\$ 32.000.000	\$ 48.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 12. Continuación

Componente	Cuerpo							
Cód. Función	47				48			
Función	Generar señal para sistema de control de GAP de discos.				Dispersar las partículas indeseadas			
Cód.. Falla Funcional	47.1		47.2		48.1		48.2	
Descripción de la falla funcional	No genera señal		Genera señal errada		No dispersa las partículas indeseadas		Dispersa poco	
Cód.. Modo falla	47.1.1	47.1.2	9.2.1	9.2.2	48.1.1	48.1.2	48.2.1	48.2.2
Modo de falla	Elemento electrónico quemado	Sensor desconectado	Sensor descalibrado	Programa desconfigurado	Discos desgastados	Discos muy separados	Discos desgastados	Discos muy separados
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 6 horas	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme
Falla oculta	Si	No	No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C5	C4	D5	D5	E5	E5	E5	E5
Riesgo Humano	C5	C5	D5	D5	E5	E5	E5	E5
Riesgo Económico	C2	C3	D3	D3	E3	E4	E3	E4
Riesgo Imagen	C2	C3	D4	D4	E4	E5	E4	E5
Vr. Del riesgo económico	\$ 100.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 32.000.000	\$ 46.000.000	\$ 4.000.000	\$ 46.000.000	\$ 4.000.000

Tabla 12. Continuación

Componente	Cuerpo										
Cód. Función	49					50					
Función	Bombear la pasta tratada hacia los tanques					Desplazar el disco móvil, dentro de la cámara de dispersión, para controlar separación entre discos					
Cód.. Falla Funcional	49.1		49.2			50.1		50.2		50.3	
Descripción de la falla funcional	No bombea la pasta		No bombea lo suficiente			No desplaza el disco móvil		No desplaza lo suficiente		No mantiene la presión	
Cód.. Modo falla	49.1.1	49.1.2	49.2.1	49.2.2		50.1.1	50.1.2	50.2.1	50.2.2	50.3.1	50.3.2
Modo de falla	Impulsor suelto	Tubería de descarga tapada	Impulsor desgastado	Tubería de descarga obstruida		Presión hidráulica baja	Nivel de aceite bajo	Presión hidráulica baja	Rodamientos dañados	Presión hidráulica baja	Fuga de aceite
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 4 horas	Producción a baja velocidad	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 4 horas		Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme
Falla oculta	No	No	No	No		No	No	No	No	No	No
Riesgo Ambiental	C4	B5	C4	B5		D5	D5	D5	D5	D5	D5
Riesgo Humano	C5	B5	C5	B5		D5	D5	D5	D5	D5	D5
Riesgo Económico	C3	B4	C4	B4		D4	D4	D4	D3	D4	D3
Riesgo Imagen	C3	B4	C4	B4		D4	D4	D4	D4	D4	D4
Vr. Del riesgo económico	\$ 48.000.000	\$ 16.000.000	\$ 4.000.000	\$ 16.000.000		\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

Fuente: El autor

### 3.4. SELECCIÓN DE TAREAS, FRECUENCIAS Y RECURSOS

Una vez definido las fallas funcionales y el análisis de modo, efecto y criticidad de falla, se prosigue con la selección de tipo de tarea de mantenimiento, su descripción, frecuencia y recurso. Para esto nos apoyamos en el diagrama de decisiones el cual es una herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la metodología RCM...véase el numeral 2.2.4.5... Permitiendo cumplir con el objetivo propuesto.

**3.4.1 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos de la prensa.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del alimentador del sistema de dispersión. Ver tabla 13

Tabla 13. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos de la prensa

Cód.. Modo falla	1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.3.1	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6
Modo de falla	Motor quemado	Motor desenegizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
Descripción de efectos	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No prensa la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
Cod. De la tarea	T-PR-01	T-PR-02	T-PR-02	T-PR-02	T-PR-03	T-PR-03	T-PR-04	T-PR-05	T-PR-06	T-PR-07
Tipo de tarea	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas
Maquina en marcha o en parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada	En marcha	En marcha
Descripción de la tarea	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales
Frecuencia	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Semestral	Quincenal	Quincenal
Recursos	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador

Tabla 13. Continuación

Cód.. Modo falla	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.2.1	2.2.2	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2
<b>Modo de falla</b>	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-PR-08	T-PR-09	T-PR-09	T-PR-06	T-PR-09	T-PR-08	T-PR-09	T-PR-09	T-PR-10	T-PR-10
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Rediseño	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar variables operacionales	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Semestral	Semestral	Quincenal	Semestral	Trimestral	Semestral	Semestral		
<b>Recursos</b>	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 13. Continuación

Cód.. Modo falla	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	5.1.1	6.1.1	6.1.2	7.1.1
<b>Modo de falla</b>	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-PR-11	T-PR-11	T-PR-12	T-PR-11	T-PR-11	T-PR-10	T-PR-13	T-PR-14	T-PR-10
<b>Tipo de tarea</b>	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Detección de fallas	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Rediseño	Cambio cíclico	Detección de fallas	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Cambio de correas	Cambio de correas	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Cambio de correas	Cambio de correas	Seleccionar correa para aplicación	Cambio de acople	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Seleccionar acople para aplicación
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Semestral	Trimestral	Trimestral		Anual	Trimestral	
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 13. Continuación

Cód.. Modo falla	8.1.1	8.1.2	8.2.1	8.2.2	8.2.3	9.1.1	9.1.2	9.2.1	9.2.2	9.2.3
<b>Modo de falla</b>	Eje (tornillo sin fin) partido	Canasta partida	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-PR-15	T-PR-16	T-PR-17	T-PR-16	T-PR-18	T-PR-15	T-PR-19	T-PR-17	T-PR-16	T-PR-18
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Cambio cíclico	Monitoreo de condición	Cambio cíclico	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Cambio cíclico	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Cambio de canasta, por desgaste	Medición de espesores y diámetros	Cambio de canasta, por desgaste	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Análisis de vibraciones y termografía	Medición de espesores y diámetros	Cambio de canasta, por desgaste	Verificación de GAP entre tornillo y canasta
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Semestral	Trimestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Mensual	Trimestral	Semestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico

Fuente: El autor

**3.4.2 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del compactador.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del compactador del sistema de dispersión. Ver tabla 14.

Tabla 14. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del compactador

Cód.. Modo falla	10.1.1	10.1.2	10.2.1	10.3.1	10.4.1	10.4.2	10.4.3	10.4.4	10.4.5	10.4.6
<b>Modo de falla</b>	Motor quemado	Motor desenergizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No compacta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CO-01	T-CO-02	T-CO-02	T-CO-02	T-CO-03	T-CO-03	T-CO-04	T-CO-05	T-CO-06	T-CO-07
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada	En marcha	En marcha
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Semestral	Quincenal	Quincenal
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador

Tabla 14. Continuación

Cód.. Modo falla	11.1.1	11.1.2	11.1.3	11.2.1	11.2.2	12.1.1	12.1.2	12.1.3	12.2.1	12.2.2
<b>Modo de falla</b>	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CO-08	T-CO-09	T-CO-09	T-CO-06	T-CO-09	T-CO-08	T-CO-09	T-CO-09	T-CO-10	T-CO-10
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Rediseño	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar variables operacionales	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Semestral	Semestral	Quincenal	Semestral	Trimestral	Semestral	Semestral		
<b>Recursos</b>	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 14. Continuación

Cód.. Modo falla	13.1.1	13.1.2	13.1.3	13.2.1	13.2.2	14.1.1	15.1.1	15.1.2	16.1.1
<b>Modo de falla</b>	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CO-11	T-CO-11	T-CO-12	T-CO-11	T-CO-11	T-CO-10	T-CO-13	T-CO-14	T-CO-10
<b>Tipo de tarea</b>	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Detección de fallas	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Rediseño	Cambio cíclico	Detección de fallas	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Cambio de correas	Cambio de correas	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Cambio de correas	Cambio de correas	Seleccionar correa para aplicación	Cambio de acople	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Seleccionar acople para aplicación
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Semestral	Trimestral	Trimestral		Anual	Trimestral	
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 14. Continuación

Cód.. Modo falla	17.1.1	17.1.2	17.2.1	17.2.2	17.2.3	18.1.1	18.1.2	18.2.1	18.2.2	18.2.3
<b>Modo de falla</b>	Eje (tomillo sin fin) partido	Cilindro cónico partido	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de cilindro cónico	Perdida del GAP entre tornillo y el cilindro	Eje (tomillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CO-15	T-CO-16	T-CO-17	T-CO-16	T-CO-18	T-CO-15	T-CO-19	T-CO-17	T-CO-16	T-CO-18
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Verificación de estado de cilindro cónico	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Análisis de vibraciones y termografía	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Mensual	Trimestral	Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico

Fuente: El autor

**3.4.3 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del triturador.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del triturador del sistema de dispersión. Ver tabla 15

**Tabla 15. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del triturador**

<b>Cód.. Modo falla</b>	19.1.1	19.1.2	19.1.3	19.1.4	19.2.1	19.3.1	19.4.1	19.4.2	19.4.3	19.4.4
<b>Modo de falla</b>	Motor quemado	Motor desenergizado	Piñones partidos o desgastados	Eje partido	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No tritura ni transporta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No prensa la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
<b>Cod. De la tarea</b>	T-TR-01	T-TR-02	T-TR-03	T-TR-04	T-TR-02	T-TR-02	T-TR-05	T-TR-04	T-TR-06	T-PR-07
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bomerera (empalmes y sentido de giro)	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Análisis con ultrasonido	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bomerera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bomerera (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Trimestral	Anual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Anual	Semestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico

Tabla 15.continuacion

Cód.. Modo falla	19.4.5	19.4.6	20.1.1	20.1.2	20.1.3	20.2.1	20.2.2	21.1.1	21.1.2
<b>Modo de falla</b>	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecanica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan
<b>Descripción de efectos</b>	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-TR-08	T-TR-09	T-TR-10	T-TR-11	T-TR-04	T-TR-09	T-TR-11	T-TR-11	T-TR-11
<b>Tipo de tarea</b>	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Análisis con ultrasonido	Verificar variables operacionales	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas
<b>Frecuencia</b>	Quincenal	Quincenal	Trimestral	Semestral	Anual	Quincenal	Semestral	Semestral	Semestral
<b>Recursos</b>	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico

Tabla 15.continuación

Cód.. Modo falla	21.1.3	21.2.1	21.2.2	22.1.1	22.1.2	22.1.3	22.2.1	23.1.1	24.1.1	24.1.2
<b>Modo de falla</b>	Eje partido	Motor entega menos RPM	Relacion de transmision entre motor y reductor, mal diseñada	Correa rota	Correa fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se estan deslizando	Correas sobredimensi onadas	Eje (tornillo sin fin) partido	Cilindro partida
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de produccion	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
<b>Descripción de efectos</b>	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-TR-04	T-TR-12	T-TR-12	T-TR-13	T-TR-13	T-TR-13	T-TR-14	T-TR-15	T-TR-16	T-TR-17
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Rediseño	Rediseño	Cambio ciclico	Cambio ciclico	Cambio ciclico	Detección de fallas	Rediseño	Monitoreo de condición	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis con ultrasonido	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Cambio de correas	Cambio de correas	Cambio de correas	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Seleccionar correa para aplicación	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Verificación de estado de cilindro cónico
<b>Frecuencia</b>	Anual			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Semestral		Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad	Dpto. de desarrollo y tecnologia	Dpto. de desarrollo y tecnologia	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnologia	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico

Tabla 15. Continuación

Cód.. Modo falla	24.2.1	24.2.2	24.2.3	25.1.1	25.1.2	25.2.1	25.2.2	25.2.3	25.2.4
<b>Modo de falla</b>	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de cilindro conico	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de cilindro conico	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
<b>Descripción de efectos</b>	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion	Genera menor velocidad de produccion
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-TR-18	T-TR-19	T-TR-20	T-TR-16	T-CO-21	T-TR-18	T-TR-19	T-TR-20	T-TR-20
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Análisis de vibraciones y termografía	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Verificación de GAP entre tornillo y canasta
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Mensual	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico

Fuente: El autor

**3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del calentador.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del calentador del sistema de dispersión. Ver tabla 16

Tabla 16. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del calentador

Cód.. Modo falla	26.1.1	26.1.2	26.2.1	26.3.1	26.4.1	26.4.2	26.4.3	26.4.4	26.4.5	26.4.6
<b>Modo de falla</b>	Motor quemado	Motor desenegizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No calienta la pasta, lo deseado	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CA-01	T-CA-02	T-CA-02	T-CA-02	T-CA-03	T-CA-03	T-CA-04	T-CA-05	T-CA-06	T-CA-07
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada	En marcha	En marcha
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bodega (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bodega (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bodega (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Semestral	Quincenal	Diario
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador

Tabla 16. Continuación

Cód.. Modo falla	27.1.1	27.1.2	27.1.3	27.2.1	27.2.2	28.1.1	28.1.2	28.1.3	28.2.1	28.2.2
<b>Modo de falla</b>	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CA-08	T-CA-09	T-CA-09	T-CA-06	T-CA-09	T-CA-08	T-CA-09	T-CA-09	T-CA-10	T-CA-10
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Rediseño	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar variables operacionales	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Semestral	Semestral	Diario	Semestral	Trimestral	Semestral	Semestral		
<b>Recursos</b>	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 16. Continuación

Cód.. Modo falla	29.1.1	29.1.2	29.1.3	29.2.1	29.2.2	30.1.1	31.1.1	31.1.2	32.1.1
<b>Modo de falla</b>	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas incompletas	Correas sobredimensionadas	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CA-11	T-CA-11	T-CA-12	T-CA-11	T-CA-11	T-CA-10	T-CA-13	T-CA-14	T-CA-10
<b>Tipo de tarea</b>	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Detección de fallas	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Rediseño	Cambio cíclico	Detección de fallas	Rediseño
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Cambio de correas	Cambio de correas	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Cambio de correas	Cambio de correas	Seleccionar correa para aplicación	Cambio de acople	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Seleccionar acople para aplicación
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Semestral	Trimestral	Trimestral		Anual	Trimestral	
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología

Tabla 16. Continuación

Cód.. Modo falla	33.1.1	33.1.2	33.2.1	33.2.2	33.3.1	34.1.1	34.1.2	34.2.1	34.2.2	34.2.3
<b>Modo de falla</b>	Entradas de vapor obstruidas	Suministro de vapor cerrado	Velocidad alta del tornillo sin fin	Baja presión de vapor	Velocidad baja del tornillo sin fin	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de cilindro	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 1 hora	Genera producto no conforme	Genera producto no conforme	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-CA-15	T-CA-17	T-CA-06	T-CA-06	T-CA-06	T-CA-18	T-CA-19	T-CA-20	T-CO-21	T-CA-22
<b>Tipo de tarea</b>	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas	Verificar estado de todas las válvulas	Verificar variables operacionales	Verificar variables operacionales	Verificar variables operacionales	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Análisis de vibraciones y termografía	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Diario	Diario	Diario	Trimestral	Mensual	Trimestral	Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Operador de caldera	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico

Fuente: El autor

**3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del alimentador.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del alimentador del sistema de dispersión. Ver tabla 17.

**Tabla 17. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del alimentador**

Cód.. Modo falla	36.1.1	36.1.2	36.1.3	36.1.4	36.2.1	36.3.1	36.4.1	36.4.2	36.4.3	36.4.4
<b>Modo de falla</b>	Motor quemado	Motor desenegizado	Piñones partidos o desgastados	Eje partido	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No tritura ni transporta la pasta	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones
<b>Cod. De la tarea</b>	T-AL-01	T-AL-02	T-AL-03	T-AL-04	T-AL-02	T-AL-02	T-AL-05	T-AL-04	T-AL-06	T-AL-07
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Análisis con ultrasonido	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Trimestral	Anual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Anual	Semestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico

**Tabla 17. Continuación**

Cód.. Modo falla	36.4.5	36.4.6	37.1.1	37.1.2	37.1.3	37.2.1	37.2.2	38.1.1	38.1.2	38.1.3
<b>Modo de falla</b>	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido	Sobrecarga mecánica	Piñones no engranan	Piñones partidos o desgastados	Piñones no engranan	Eje partido
<b>Descripción de efectos</b>	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 8 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-AL-08	T-AL-09	T-AL-10	T-AL-11	T-AL-04	T-AL-09	T-AL-11	T-AL-11	T-AL-11	T-AL-04
<b>Tipo de tarea</b>	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En marcha	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha
<b>Descripción de la tarea</b>	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Análisis con ultrasonido	Verificar variables operacionales	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cuclillas	Análisis con ultrasonido
<b>Frecuencia</b>	Quincenal	Quincenal	Trimestral	Semestral	Anual	Quincenal	Semestral	Semestral	Semestral	Anual
<b>Recursos</b>	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Inspector de confiabilidad

Tabla 17. Continuación

Cód.. Modo falla	38.2.1	38.2.2	39.1.1	39.1.2	39.1.3	39.2.1	40.1.1	41.1.1	41.1.2
<b>Modo de falla</b>	Motor entrega menos RPM	Relación de transmisión entre motor y reductor, mal diseñada	Correas rotas	Correas fuera de las poleas	La polea se gira con respecto al eje	Las correas se están deslizando	Correas sobredimensionadas	Eje (tornillo sin fin) partido	Cilindro partido
<b>Descripción de efectos</b>	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 4 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 6 horas	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-AL-12	T-AL-12	T-AL-13	T-AL-13	T-AL-13	T-AL-14	T-AL-15	T-AL-16	T-AL-17
<b>Tipo de tarea</b>	Rediseño	Rediseño	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Cambio cíclico	Detección de fallas	Rediseño	Monitoreo de condición	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Aumentar velocidad final (cambio de motor, relación entre poleas o reductor)	Cambio de correas	Cambio de correas	Cambio de correas	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Seleccionar correa para aplicación	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Verificación de estado de cilindro cónico
<b>Frecuencia</b>			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Semestral		Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	Dpto. de desarrollo y tecnología	Dpto. de desarrollo y tecnología	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnología	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico

Tabla 17. Continuación

Cód.. Modo falla	41.2.1	41.2.2	41.2.3	42.1.1	42.1.2	42.2.1	42.2.2	42.2.3	18.2.3
<b>Modo de falla</b>	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Eje (tornillo sin fin) partido	Rodamientos dañados	Desgaste de tornillo sin fin	Desgaste de canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta	Perdida del GAP entre tornillo y canasta
<b>Descripción de efectos</b>	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 16 horas	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción	Genera menor velocidad de producción
<b>Cod. De la tarea</b>	T-AL-18	T-AL-19	T-AL-20	T-AL-16	T-AL-21	T-AL-18	T-AL-19	T-AL-20	T-AL-20
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En parada	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Análisis de vibraciones y termografía	Medición de espesores y diámetros	Verificación de estado de cilindro cónico	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Verificación de GAP entre tornillo y canasta
<b>Frecuencia</b>	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Mensual	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico	1 Inspector de confiabilidad	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico

Fuente: El autor

**3.4.4 Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del dispersor de discos.** A continuación se definieron los tipos de tareas de mantenimiento su respectiva frecuencia y recursos, de los componentes del dispersor de discos del sistema de dispersión. Ver tabla 18.

Tabla 18. Tareas de mantenimiento, frecuencia y recursos del dispersor de discos

Cód.. Modo falla	43.1.1	43.1.2	43.2.1	43.2.2	43.4.1	43.4.2	43.4.3	43.4.4
<b>Modo de falla</b>	Motor quemado	Motor desenegizado	Motor en dos fase	Motor mal conectado	Rodamientos dañados	Eje torcido	Rotor desbalanceado	Motor desalineado
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea por 16 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	Sistema de dispersión fuera de línea por 3 horas	No dispersa las partículas indeseadas de la pasta y además no es capaz de bombear	Sobrecalentamiento, ruido, corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en los rodamientos, corto circuito	Puede generar un corto circuito	Sobrecalentamiento, ruido, daño en acople, vibraciones
<b>Cod. De la tarea</b>	T-DI-01	T-DI-02	T-DI-02	T-DI-02	T-DI-03	T-DI-03	T-DI-04	T-DI-05
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Detección de fallas	Detección de fallas	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición	Monitoreo de condición
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	En cada parada de mantenimiento o verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis de vibraciones y termografía	Análisis con ultrasonido	Verificar alineación con equipo de alineación laser
<b>Frecuencia</b>	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Anual	Semestral
<b>Recursos</b>	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Eléctrico	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico

Tabla 18. Continuación

Cód.. Modo falla	43.4.5	43.4.6	44.1.1	44.1.2	45.1.1	46.1.1	46.1.2	46.2.1	46.2.2
<b>Modo de falla</b>	Sobrecarga eléctrica	Sobrecarga mecánica	Engranaje de acople partido	Cuña de acople, partida	Acople sobredimensionado	Presion hidraulica baja	Cilindro con pase de aceite	Presion hidraulica baja	Cilindro con pase de aceite
<b>Descripción de efectos</b>	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	sobrecalentamiento, corto circuito, disparo de protección eléctrica	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 8 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Demoras en actividades que requieran abrir la camara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la camara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la camara de dispersión	Demoras en actividades que requieran abrir la camara de dispersión
<b>Cod. De la tarea</b>	T-DI-06	T-DI-07	T-DI-08	T-DI-09	T-DI-10	T-DI-11	T-DI-12	T-DI-11	T-DI-12
<b>Tipo de tarea</b>	Detección de fallas	Detección de fallas	Cambio ciclico	Detección de fallas	Rediseño	Correctivo	Cambio ciclico	Correctivo	Cambio ciclico
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En marcha	En marcha	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En marcha	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Verificar historial de voltajes y corrientes	Verificar variables operacionales	Cambio de acople	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Seleccionar acople para aplicación	Meter en linea bomba hidraulica de stand by	Cambio de cilindro hidraulico	Meter en linea bomba hidraulica de stand by	Cambio de cilindro hidraulico
<b>Frecuencia</b>	Quincenal	Diario	Anual	Trimestral		Correr a falla	Anual	Correr a falla	Anual
<b>Recursos</b>	1 Tec. Eléctrico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	Dpto. de desarrollo y tecnologia	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico

Tabla 18. Continuación

Cód.. Modo falla	47.1.1	47.1.2	9.2.1	9.2.2	48.1.1	48.1.2	48.2.1	48.2.2	49.1.1	49.1.2
<b>Modo de falla</b>	Elemento electrónico quemado	Sensor desconectado	Sensor descalibrado	Programa desconfigurado	Discos desgastados	Discos muy separados	Discos desgastados	Discos muy separados	Impulsor suelto	Tubería de descarga tapada
<b>Descripción de efectos</b>	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 24 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 2 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 6 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 6 horas	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 12 horas	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 4 horas
<b>Cod. De la tarea</b>	T-DI-13	T-DI-14	T-DI-15	T-DI-16	T-DI-17	T-DI-18	T-DI-17	T-DI-18	T-DI-19	T-DI-20
<b>Tipo de tarea</b>	Cambio cíclico	Detección de fallas	Cambio cíclico	Correctivo	Cambio cíclico	Correctivo	Cambio cíclico	Correctivo	Monitoreo de condición	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En parada	En marcha	En parada	En marcha	En parada	En marcha	En parada	En parada
<b>Descripción de la tarea</b>	Cambio de tarjeta electrónica	Inspeccionar conexiones electrónicas	Cambio de sensor	Correr programa de back up	Cambio de discos	Calibración de GAP entre discos	Cambio de discos	Calibración de GAP entre discos	Inspección de estado y ajuste de impulsor	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas
<b>Frecuencia</b>	Anual	Trimestral	Anual	Correr a falla	Semestral	Correr a falla	Semestral	Correr a falla	Semestral	Mensual
<b>Recursos</b>	1 Tec. Electrónico 1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Electrónico	1 Tec. Electrónico 1 Tec. Eléctrico	1 Tec. Electrónico	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Tec. Electrónico	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Tec. Electrónico	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Operador

Tabla 18. Continuación

Cód.. Modo falla	49.2.1	49.2.2	50.1.1	50.1.2	50.2.1	50.2.2	50.3.1	50.3.2
<b>Modo de falla</b>	Impulsor desgastado	Tubería de descarga obstruida	Presión hidráulica baja	Nivel de aceite bajo	Presión hidráulica baja	Rodamientos dañados	Presión hidráulica baja	Fuga de aceite
<b>Descripción de efectos</b>	Producción a baja velocidad	Sistema de dispersión fuera de línea hasta por 4 horas	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme	Generación de producto no conforme
<b>Cod. De la tarea</b>	T-DI-19	T-DI-20	T-DI-11	T-DI-21	T-DI-11	T-DI-22	T-DI-11	T-DI-23
<b>Tipo de tarea</b>	Monitoreo de condición	Detección de fallas	Correctivo	Preventivo	Correctivo	Monitoreo de condición	Correctivo	Detección de fallas
<b>Maquina en marcha o en parada</b>	En parada	En parada	En marcha	En parada	En marcha	En marcha	En marcha	En marcha
<b>Descripción de la tarea</b>	Inspección de estado y ajuste de impulsor	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas	Meter en línea bomba hidráulica de stand by	Cambio de aceite hidráulico	Meter en línea bomba hidráulica de stand by	Análisis de vibraciones y termografía	Meter en línea bomba hidráulica de stand by	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas
<b>Frecuencia</b>	Semestral	Mensual	Correr a falla	Semestral	Correr a falla	Mensual	Correr a falla	Diario
<b>Recursos</b>	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico	1 Tec. Mecánico 1 Operador	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Aux. mecánico 1 Lubricador	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Inspector de confiabilidad	1 Aux. mecánico 1 Operador	1 Tec. Mecánico 1 Operador

Fuente: El autor

### 3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

Tabla 19. Plan de mantenimiento sistema de dispersión

Cod. De la tarea	Maquina en marcha o en parada	Descripción de la tarea	Frecuencia	Recursos	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>PRENSA</b>																
T-PR-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-PR-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bomerá (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-PR-03	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-PR-03	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-PR-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-PR-05	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-PR-06	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-PR-07	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-PR-08	En parada	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-PR-09	En parada	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cucilllas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-PR-11	En parada	Cambio de correas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-PR-12	En parada	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-PR-13	En parada	Cambio de acople	Anual	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-PR-14	En parada	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-PR-15	En parada	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-PR-16	En parada	Cambio de canasta, por desgaste	Semestral	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico												
T-PR-17	En parada	Medición de espesores y diámetros	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-PR-18	En parada	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-PR-19	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
<b>COMPACTADOR</b>																
T-CO-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-CO-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bomerá (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-CO-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-CO-05	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-CO-06	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-CO-07	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-CO-08	En parada	Inspección visual de piñonería y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-CO-09	En parada	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cucilllas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-11	En parada	Cambio de correas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-12	En parada	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-13	En parada	Cambio de acople	Anual	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-14	En parada	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-15	En parada	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-CO-16	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CO-17	En parada	Medición de espesores y diámetros	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-CO-18	En parada	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-CO-19	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												

Tabla 19. Continuación

Cod. De la tarea	Maquina en marcha o en parada	Descripción de la tarea	Frecuencia	Recursos	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>TRITURADOR</b>																
T-TR-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-TR-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-TR-03	En parada	Inspección visual de piñonera y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-TR-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-TR-05	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-TR-06	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-TR-07	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-TR-08	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-TR-09	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-TR-10	En parada	Inspección visual de piñonera y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-TR-11	En parada	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cucullas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-TR-13	En parada	Cambio de correas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-TR-14	En parada	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-TR-16	En parada	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-TR-17	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-TR-18	En parada	Medición de espesores y diámetros	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-TR-19	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-TR-20	En parada	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-TR-21	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
<b>CALENTADOR</b>																
T-CA-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-CA-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-CA-03	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-CA-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-CA-05	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-CA-06	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-CA-07	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-CA-08	En parada	Inspección visual de piñonera y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-CA-09	En parada	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cucullas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-11	En parada	Cambio de correas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-12	En parada	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-13	En parada	Cambio de acople	Anual	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-14	En parada	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-15	En parada	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas	Mensual	1 Aux. mecánico 1 Operador												
T-CA-17	En parada	Verificar estado de todas las válvulas	Mensual	1 Tec. Mecánico 1 Operador de caldera												
T-CA-18	En parada	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-CA-19	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-CA-20	En parada	Medición de espesores y diámetros	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-CO-21	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-CA-22	En parada	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												

Tabla 19. Continuación

Cod. De la tarea	Maquina en marcha o en parada	Descripción de la tarea	Frecuencia	Recursos	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>ALIMENTADOR</b>																
T-AL-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-AL-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-AL-03	En parada	Inspección visual de piñonera y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-AL-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-AL-05	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-AL-06	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-AL-07	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-AL-08	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-AL-09	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-AL-10	En parada	Inspección visual de piñonera y análisis de aceite	Trimestral	1 Lubricador 1 Tec. Mecánico												
T-AL-11	En parada	Verificar internamente el reductor, el estado de piñones, eje, cuña y cucillias	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-AL-13	En parada	Cambio de correas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-AL-14	En parada	Verificación de estado de poleas, cuñeros y cuñas	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-AL-16	En parada	Análisis con ultrasonido, para identificar grietas	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-AL-17	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-AL-18	En parada	Medición de espesores y diámetros	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-AL-19	En parada	Verificación de estado de cilindro cónico	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-AL-20	En parada	Verificación de GAP entre tornillo y canasta	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Dib. Mecánico												
T-AL-21	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
<b>DISPERSOR</b>																
T-DI-01	En marcha	Análisis de vibraciones, termografía y pruebas de aislamiento	Mensual	1 Inspector de confiabilidad 1 Aux. Eléctrico												
T-DI-02	En parada	En cada parada de mantenimiento verificar conexiones en bornera (empalmes y sentido de giro)	Mensual	1 Tec. Eléctrico												
T-DI-03	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Mensual	1 Inspector de confiabilidad												
T-DI-04	En marcha	Análisis con ultrasonido	Anual	1 Inspector de confiabilidad												
T-DI-05	En parada	Verificar alineación con equipo de alineación laser	Semestral	1 Inspector de confiabilidad 1 Tec. Mecánico												
T-DI-06	En marcha	Verificar historial de voltajes y corrientes	Quincenal	1 Tec. Eléctrico	Inspección Quincenal											
T-DI-07	En marcha	Verificar variables operacionales	Diario	1 Aux. mecánico 1 Operador	Inspección Diaria											
T-DI-08	En parada	Cambio de acople	Anual	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-DI-09	En parada	Verificación de estado de acople, cuñeros y cuñas	Trimestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-DI-11	En marcha	Meter en línea bomba hidráulica de stand by	Correr a falla	1 Aux. mecánico 1 Operador	En el momento que sucede la falla											
T-DI-12	En parada	Cambio de cilindro hidráulico	Anual	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-DI-13	En parada	Cambio de tarjeta electrónica	Anual	1 Tec. Electrónico 1 Tec. Eléctrico												
T-DI-14	En parada	Inspeccionar conexiones electrónicas	Trimestral	1 Tec. Electrónico												
T-DI-15	En parada	Cambio de sensor	Anual	1 Tec. Electrónico 1 Tec. Eléctrico												
T-DI-16	En marcha	Correr programa de back up	Correr a falla	1 Tec. Electrónico	En el momento que sucede la falla											
T-DI-17	En parada	Cambio de discos	Semestral	2 Tec. Mecánico 2 Aux. mecánico												
T-DI-18	En marcha	Calibración de GAP entre discos	Correr a falla	1 Tec. Mecánico 1 Tec. Electrónico	En el momento que sucede la falla											
T-DI-19	En parada	Inspección de estado y ajuste de impulsor	Semestral	1 Tec. Mecánico 1 Aux. mecánico												
T-DI-20	En parada	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas	Mensual	1 Tec. Mecánico 1 Operador												
T-DI-21	En parada	Cambio de aceite hidráulico	Semestral	1 Aux. mecánico 1 Lubricador												
T-DI-22	En marcha	Análisis de vibraciones y termografía	Trimestral	1 Inspector de confiabilidad												
T-DI-23	En marcha	Verificar estado de tuberías, que no estén tapadas ni obstruidas	Diario	1 Tec. Mecánico 1 Operador												

Fuente: El autor

#### 4. CONCLUSIONES

- ✓ Después de realizar esta monografía podemos concluir que la metodología de RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) es de gran utilidad para generar planes de mantenimiento de sistemas o componentes, la cual tiene en cuenta todas las condiciones del sistema o equipo a estudiar, criticidad y consecuencia en el caso de que lleguen a fallar.
- ✓ Con el desarrollo de esta monografía y la implementación del plan de mantenimiento generado, se mejorara en la gestión del área de mantenimiento, viéndose reflejado en mejores resultados de indicadores, menores perdidas en sobrecostos de tareas correctivas y horas extras del personal técnico. En consecuencia disminuirémos al máximo los tiempos perdidos por paradas de emergencia y la generación de producto no conforme.
- ✓ De acuerdo al desarrollo de la metodología RCM, se identificaron funciones, modos de fallas más importantes, como también los efectos y consecuencias que estos generan, esto con el fin de establecer las tareas de mantenimiento que permitan prevenir las fallas o mitigar su consecuencia.
- ✓ Dentro de los tipos de mantenimiento que se establecieron el más común fue el monitoreo de condición, cuyas actividades más frecuentes son, análisis de vibraciones, termografías, análisis de aceite e inspecciones visuales.
- ✓ Importante resaltar que el desarrollo de esta monografía se logró con la experiencia y compromiso del grupo interdisciplinario, que estuvo involucrado en cada una de las etapas de la metodología RCM.

## BIBLIOGRAFIA

COMER S.P.A, Manual de instrucciones prensa (screw press) PV-1 SL. Italia, 2010.

COMER S.P.A, Manual de instrucciones Compactador (Plug screw). Italia, 2010.

COMER S.P.A, Manual de instrucciones triturador. Italia, 2010.

COMER S.P.A, Manual de instrucciones Calentador (heating screw) CSH-1. Italia, 2010.

COMER S.P.A, Manual de instrucciones Alimentador (inffeder screw). Italia, 2010.

COMER S.P.A, Manual de instrucciones. Dispensor a disco CDD-2. Italia, 2010.

MOUBRAY, John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Asheville, North Carolina: Ed Aladon, 2004.

Nowlan, F. Stanley and Howard F. Heap, "Reliability-centered Maintenance", Department of Defense, Washington, D.C, 1978, Report Number AD-A066579, Unclassified.

ORTIZ, Daniel. Mantenimiento centrado en confiabilidad – RCM. Bucaramanga, 2016. Memorias. Universidad Industrial de Santander. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Soporte & Cia Ltda. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM Por John Moubray, traducido y adaptado por Carlos Mario Pérez J.

