

**Propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a la empresa Harinera del Valle, caso de estudio: línea de brownie planta Mama-ía Bogotá**

Ing. Jein F. Castro, Ing. Lillers A. Leyton

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI,

Gerencia de Mantenimiento

Julio de 2021

**Propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a la empresa Harinera del Valle, caso de estudio: línea de brownie planta Mama-ía Bogotá**

Ing. Jein F. Castro, Ing. Lilliers A. Leyton

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI,

Gerencia de Mantenimiento

Director del proyecto

Fred Geovanny Murillo Rondón

Julio de 2021

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por permitirnos llegar a donde estamos en estos momentos y lo que nos falta para llegar a ser personas exitosas, por darnos la vida, la salud y el conocimiento a él toda gloria. Y nos permita alcanzar nuestros sueños y metas con la ayuda de cada uno de nuestros seres queridos como son nuestros padres, hermanos que están incondicionalmente.

A mi familia, a mis padres que me apoyan cada día, mi Madre María Delgadillo su voz de aliento me reconforta para seguir adelante pese a las adversidades.

A Luisa Gámez por estar a mi lado con su apoyo que es fundamental, por creer en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Ecci por permitirnos desarrollar este trabajo de investigación donde podemos aplicar los conocimientos adquiridos.

Pero gracias sean dadas a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesús Cristo  
1Corintios 15:57

A los profesores Ing. Miguel Ángel Urián y Fred Geovanny Murillo por su apoyo, seguimiento a nuestro trabajo por la orientación e instrucciones impartidas.

## Tabla de Contenido

### Contenido

<b>1. Título de la Investigación .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Problema de Investigación .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Descripción del Problema.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Planteamiento del Problema .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Sistematización del Problema .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Objetivos de la Investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Objetivo General.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Justificación y Delimitación .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Justificación .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Delimitación.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Limitaciones.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Marco Conceptual.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Estado del arte.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.1 Estado del arte nacional .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.2 Estado del arte internacional .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Marco Teórico .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2.1 Definición de Mantenimiento .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2.2 Generalidades del Mantenimiento.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.3 Maquinaria Industrial .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.3.1 Horno Rotatorio .....</b>	<b>32</b>
.....	<b>32</b>
<b>5.2.3.2 Batidora .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.3.3 Depositadora de Brownie .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.3.4 Empacadora.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.4 Metodologías de Mantenimiento.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2.5 Fases de la Gestión de Mantenimiento.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.6 Indicadores de Mantenimiento .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.7 Repuestos basados en la confiabilidad (RCC) .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3 Marco Legal.....</b>	<b>47</b>

<b>6. Marco Metodológico</b> .....	50
<b>6.1 Recolección de Información</b> .....	50
<b>6.1.1 Tipo de Investigación</b> .....	50
<b>6.1.2 Fuentes de la Obtención de la Información</b> .....	51
<b>6.1.3 Instrumentos de recolección de información</b> .....	51
<b>6.1.4 Metodología</b> .....	52
<b>7. Propuesta de solución</b> .....	56
<b>7.1 Diagnostico de la situación actual</b> .....	56
<b>7.2 Recopilación y análisis de la información sobre las diferentes metodologías de mantenimiento relevantes a utilizar</b> .....	72
<b>8. Resultados alcanzados y esperados</b> .....	89
<b>8.1 Resultados alcanzados</b> .....	89
<b>8.2 Resultados esperados</b> .....	90
<b>9. Análisis Financiero</b> .....	91
<b>10. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	96
<b>10.1 Conclusiones</b> .....	96
<b>10.2 Recomendaciones</b> .....	97
<b>11. Bibliografía</b> .....	98

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Horno Rotatorio .....	32
Ilustración 2 Batidora.....	32
Ilustración 3 Depositadora de Brownie.....	33
Ilustración 4 Empacadora .....	33
Ilustración 5 Pirámide Gestión de Mantenimiento .....	35
Ilustración 6 Pilares del TPM.....	35
Ilustración 7 Tiempo de actividad del equipo .....	40
Ilustración 8 Tiempo Medio Entre Fallas .....	41
Ilustración 9 Tiempo total de inactividad .....	43
Ilustración 10 Modelo de optimización de inventario aplicando RCC .....	45
Ilustración 11 Diagrama de decisión RCS .....	47
Ilustración 12 pasos RCM.....	85

## **Resumen**

El presente trabajo se refiere a la implementación de una metodología para la gestión de mantenimiento para la planta de Harinera del valle caso de estudio planta Mama-ia las metodologías consideradas fueron: Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM), Mantenimiento Productivo Total (TPM) ya que, actualmente son consideradas las filosofías más efectivas a fin de crear valor en el área de mantenimiento en las organizaciones. Para seleccionar entre éstas el mejor enfoque para el caso de estudio fue necesario obtener una descripción del contexto situacional de la organización responsable de su mantenimiento, para dar un profundo cambio, llevar un mejor control, dar una visión clara del futuro y cumplir con las exigencias de buenas prácticas en un departamento de mantenimiento. El cual puede resultar aplicable a un gran número de empresas



### **Palabras Claves**

TPM, RCM, Mantenibilidad, gestión, fallas, modos de fallas, indicadores de gestión, plan de mantenimiento, diagnóstico, confiabilidad, disponibilidad, matriz de criticidad, Matriz Dofa, activos, equipos, tecnología, metodología, vida útil ingeniería de mantenimiento

### **Abstract**

This work refers to the implementation of a methodology for maintenance management for the Harinera Del Valle plant, case study Mama-ia plant, the methodologies considered were Reliability-centered Maintenance (RCM), Total Productive Maintenance (TPM) since they are currently considered the most effective philosophies in order to create value in the area of maintenance in organizations. To select the best approach for the case study from among these, it was necessary to obtain a description of the situational context of the organization responsible for its maintenance, to make a profound change, take better control, give a clear vision of the future and meet the demands of good practices in a maintenance department. Which may be applicable to a large number of companies

**Keywords**

TPM, RCM, Maintainability, management, failures, failure modes, management indicators, maintenance plan, diagnosis, reliability, availability, criticality matrix, Dofa matrix, assets, equipment, technology, methodology, useful life, maintenance technology

## Introducción

El mantenimiento al igual que otras ciencias de la ingeniería, ha evolucionado a gran escala con el paso del tiempo, este cambio ha traído nuevas filosofías y técnicas que han marcado pauta en las organizaciones, por lo que es innegable que las filosofías de mantenimiento cada día adquieren una posición más relevante en el plano internacional. Esta posición matiza los esfuerzos en la búsqueda de mecanismos capaces de sortear las actuales contingencias económicas y tecnológicas y eso por ello que a pesar del tiempo y de lo que para algunos resulta una vuelta a esfuerzos anteriores que nunca debieron eludirse, el uso de nuevas técnicas de mantenimiento, como herramienta indispensable de la disciplina tecnológica, ha obtenido un lugar importante en el qué hacer económico.

El mantenimiento es una parte fundamental en toda organización desde la perspectiva de disponibilidad de los activos por lo tanto se hace necesario tener claro lo que significa, para ello se debe responder a esta pregunta ¿qué es mantenimiento?

Actualmente algunas compañías carecen de una adecuada gestión de mantenimiento siendo este un factor agravante dentro del desarrollo de las empresas ya que puede presentar gastos innecesarios, falencias en la calidad de un producto, tiempos muertos en líneas de producción abarcando entregas del producto final fuera de tiempos, etc.

Por tal motivo llevar una adecuada rutina de mantenimiento puede reducir este tipo de fallas convirtiéndose en un factor beneficioso dentro de una compañía, siendo esta una razón para presentar a la empresa harinera del valle, una propuesta de metodología de mantenimiento,

descrita con su paso a paso para mejor comprensión. Metodología cual abarcara grandes beneficios dentro del desarrollo de la compañía generando gran valor competitivo.

El desarrollo de este trabajo es un claro ejemplo de una adecuada gestión de mantenimiento, El cual brinda los conceptos para el desarrollo de cada una de las etapas necesarias en la implementación de la filosofía de mantenimiento RCM.

## Glosario

**Activo Fijo:** Elemento físico o intangible (bienes o derechos) con valor monetario y contable, de carácter permanente, que una empresa o individuo utiliza como medio de explotación.

**Análisis de fallas** Método lógico y sistemático cuyo fin es analizar causas, efectos y consecuencias de las fallas potenciales o presentes en los sistemas, equipos, componentes o partes.

**Avería:** Término equivalente a falla.

**Base de datos:** Conjunto estructurado de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

**Causa raíz:** Causa inicial o fundamental de la falla. Origen de toda una cadena de sucesos.

**Componente:** Nivel mínimo de clasificación de los activos físicos operativos sobre los cuales se les realizan actividades de mantenimiento.

El siguiente nivel de desglose serían las partes o repuestos.

**Confiabilidad:** Probabilidad de que un sistema, equipo, componente o parte no falle o funcione correctamente en un determinado tiempo en unas condiciones dadas y con unos rendimientos definidos.

**Costo directo del mantenimiento:** Valoración contable de las erogaciones que se generan por la ejecución de mantenimientos sobre un activo físico, tales como mano de obra (propia o contratada), materiales y herramientas utilizados.

**Defecto:** Cualquier desviación o alteración de los estándares de diseño, fabricación, operación o mantenimiento de un sistema, equipo, componente o parte, suficiente para ocasionar una falla.

**Diagnóstico:** Proceso que consiste en medir, analizar y conceptualizar el estado de los sistemas, equipos, componentes o partes en relación con un estándar establecido.

**Disponibilidad:** Capacidad de un sistema, equipo o componente para desempeñar su función durante un determinado período de tiempo, en condiciones y rendimiento definidos. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

**Equipo:** Nivel de clasificación de los activos físicos operativos sobre el cual se realizan actividades de mantenimiento y costeo del mismo. Según el modelo de gestión de cada empresa, se pueden asimilar al concepto de componente.

**Falla:** Pérdida de la capacidad de un equipo para desempeñar la función para la cual fue diseñado o requerido.

**Filosofía de mantenimiento:** Principios, premisas y conceptos generales que guían la organización y la ejecución del mantenimiento.

**Hoja de vida:** Registro de las incidencias, averías, reparaciones y actuaciones en general que conciernen a un determinado equipo, sistema, componente o parte. Equivale al término historial o ficha histórica.

**Ingeniería de mantenimiento:** Proceso de mantenimiento el cual estructura y optimiza sistemática y sistémicamente el plan de mantenimiento.

**Inventario:** Lista ordenada de los elementos de valor de una empresa, que se encuentran instaladas en una empresa o almacenadas para su posterior venta, procesamiento o consumo; entre otros, existe el inventario de activos físicos, el inventario de materias primas y productos, el inventario de repuestos y el inventario de producto en proceso.

**Indicadores:** tienen como principal función señalar datos, procedimientos a seguir, fenómenos, situaciones específicas.

**Mantenibilidad:** Probabilidad de que una acción de mantenimiento sea realizada en el tiempo y las condiciones preestablecidas.

**Mantenimiento:** Conjunto de procesos técnicos y administrativos orientados a conservar o restaurar un equipo al estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.

**Mantenimiento centrado en confiabilidad:** 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 originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones. Anthony R. Smith, 1993

**Mantenimiento no planeado (planificado)** Intervenciones sobre los equipos sin un plan previo a la necesidad.

**Modo de la falla:** Evento que causa una falla funcional

**Planeación del mantenimiento:** Proceso administrativo que consiste en definir las acciones necesarias para alcanzar las metas propuestas en el mantenimiento de las instalaciones y equipos. Deben considerarse: la secuencia de actividades, duración, cantidad y tipo de personal, los materiales, las herramientas, las condiciones de seguridad, costos y demás previsiones que el trabajo amerite.

**Vida útil:** Período de tiempo en el que un equipo está en capacidad de funcionar en condición admisible de utilización y que está definido desde el diseño.

(ACIEM , 2018)



## **1. Título de la Investigación**

Propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a la empresa Harinera del Valle, caso de estudio: línea de brownie planta Mama-ía Bogotá

## **2. Problema de Investigación**

### **2.1 Descripción del Problema**

La planta Mama-ía de la empresa Harinera del Valle cuenta con varias líneas de producción dentro de las cuales se destaca la línea de brownie que demanda una elevada producción y debe tener una efectiva disponibilidad en sus equipos de operación. La compañía actualmente no cuenta con una gestión de mantenimiento adecuada, motivo por el cual se retrasan los tiempos de producción, aumento en los costos de operación, fallas en la organización del mantenimiento y costos elevados en mantenimientos.

Adicionalmente no tiene control de los datos, no existen indicadores que permitan hacer seguimiento a las fallas y costos ocasionados por fallas en los equipos; por otra parte, no se cuenta con una metodología precisa que optimice el plan de mantenimiento que actualmente se implementa, todo esto lleva a que se presenten reiteradas fallas en los equipos, paradas en el proceso de producción y en ocasiones entregas del producto terminado fuera de tiempo a los clientes.

La falta de entrenamiento al personal operativo en el principio de funcionamiento de los equipos como al personal técnico en el diagnóstico de fallas, hace que cuando se presente una falla se dé un diagnóstico errado elevando los tiempos de reparación.

## **2.2 Planteamiento del Problema**

¿Cómo optimizar el plan de mantenimiento de la línea de producción de brownie de la planta Mama -ia de Bogotá, de la empresa harinera del valle con base en los indicadores de gestión?

## **2.3 Sistematización del Problema**

¿Cuál es el método más adecuado para realizar un diagnóstico actual de la línea de producción de brownie?

¿Bajo qué premisas se analiza y se recopila la información de las diferentes metodologías de mantenimiento?

¿Qué posibles soluciones se pueden obtener en implementar una metodología en gestión del mantenimiento en línea de producción de brownie?

### **3. Objetivos de la Investigación**

#### **3.1 Objetivo General**

Determinar y proponer una metodología de mantenimiento más adecuada que permita mejorar la gestión de mantenimiento en la línea de brownie para la empresa Harinera del valle planta de Bogotá.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento.

Recopilar y analizar la información y normatividad de las diferentes metodologías de mantenimiento más relevantes.

Generar una propuesta con la metodología de gestión de mantenimiento adecuada para el proceso con base en los indicadores de gestión.

## **4. Justificación y Delimitación**

### **4.1 Justificación**

La correcta gestión de mantenimiento industrial es un indicador de grandes beneficios dentro de una compañía y ha sido valorado como una inversión y no como un gasto, el objetivo principal de una adecuada gestión es lograr, garantizar y aumentar la vida útil de los equipos e instalaciones siendo eficientes, seguros y rentables.

Una adecuada metodología de mantenimiento en la línea de producción de brownie Mama-ía de la planta de Bogotá, representaría un rendimiento en procesos productivos abarcando un mejor desempeño del personal operativo ya que contaría con indicadores efectivos, de igual manera el personal tendrá mejor organización, coordinación e interacción con los demás departamentos asignados, y así los procesos de mantenimiento serán regulados, beneficiando a la compañía en costos menores y mayor disponibilidad de equipos e instalaciones de la línea.

Además, contar una adecuada gestión de mantenimiento implementando el ciclo PHVA ayuda a tomar decisiones de acuerdo con los indicadores de gestión KPI, determinando la vida útil de los equipos, los que más fallan y los modos de fallas de estos, para luego generar planes de acción que lleven a mejorar estos indicadores e impulsar el crecimiento de la organización debido al aumento de la disponibilidad los activos.

Fortalecer el posicionamiento estratégico del área de Mantenimiento, haciendo visible su aporte a los resultados del negocio al proyectar soluciones que incluyan a todos los colaboradores, de manera transversal en las diferentes áreas de la compañía, aplicando capacitaciones que permitan adquirir nuevos conocimientos sobre el principio de funcionamiento de los equipos a nivel industrial.

Gestar cambios a partir de la construcción del máster plan que otorgue unos lineamientos claros para llevar un rumbo definido a la consecución de los objetivos planteados.

#### **4.2 Delimitación**

El análisis se desarrollará en la línea de producción de brownie de la empresa Harinera del valle planta Mama-ía, en la ciudad de Bogotá, se ejecutará constante operación y en un tiempo estipulado de 3 meses de agosto a noviembre 2020

#### **4.3 Limitaciones**

- El proceso de estudio se realizará en un tiempo inferior a seis meses.
- Solamente 1 integrante del grupo de trabajo conoce y tiene acceso a las instalaciones de la planta, ya que se debe tramitar una autorización para el ingreso de los demás integrantes.

## 5. Marco Conceptual

### 5.1 Estado del arte

#### 5.1.1 Estado del arte nacional

En el año 2016 los ingenieros Cristian Cerquera y Julio Barrantes de la Universidad ECCI en Bogotá en su trabajo de grado *“Gestión de activos enfocado hacia la confiabilidad o Determinación del TPEF (Tiempo promedio entre fallas en quipos y/o sistemas)”* en la empresa Concescol S.A en la cual plantean determinar la confiabilidad en los equipos de la compañía con fin de conocer en que condición de operación se encuentran los activos y así mismo determinar cuáles son los sistemas que más afectan la disponibilidad de la flota (Cerquera Valderrama & Barrantes Malagón, 2016). El estudio es realizado mediante el historial de fallas, hojas de vida y listas de chequeo de tal manera realizar una eficiente recolección de datos y su respectivo análisis.

En el año 2014 los ingenieros Andres Carrillo y Roland Rincón de la Universidad ECCI en Bogotá en su trabajo de grado *“Generación de procedimiento en relación con las etapas de operación y mantenimiento desde la gestión de activos para la prevención de paradas en una línea de fabricación de donuts”* presentan la generación de los procedimientos para la etapas de operación y mantenimiento preventivo de la máquina con mayor criticidad de una línea de producción de donuts y así lograr aumentar su nivel de confiabilidad operacional (Muñoz Carrillo & Rojas Rincón, 2014). Para su desarrollo se basaron en recolección de información aplicando cuestionarios y realizando entrevistas a los operarios, el análisis de criticidad es un pilar fundamental en el desarrollo de una metodología de mantenimiento ya que permite priorizar procesos, equipos y/o sistemas facilitando la toma de decisiones acertadas y efectivas.

En el año 2014 los ingenieros Carlos Bulla y Elver Nemocón de la Universidad ECCI de Bogotá presentan el trabajo de grado *“Propuesta para la optimización de los procesos de fabricación en la pastelería Romalleno”* donde se determina el estado actual de la compañía identificando los factores críticos que generan pérdida dentro del proceso y poder desarrollar una propuesta con las herramientas aplicables del Lean Manufacturing en los procesos de fabricación (Galvis Bulla & Ñustes Nemocon, 2014), como punto clave en la optimización de los procesos de producción está la adecuada capacitación del personal y compromiso de este, demostrando que la adecuada operación en gran parte depende de una mejor gestión por parte del operario.

En el año 2011 los ingenieros Ascanio Barreto y Carlos Mora de la Universidad Tecnológica de Bolívar de Cartagena de Indias presentan el trabajo de grado *“Desarrollo de un modelo de gestión integral de mantenimiento de activos, a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011 con énfasis en indicadores”* presentan un modelo de gestión integral de mantenimiento de activos en el sector industrial a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011, para la búsqueda de evidencias del estado actual y con énfasis en indicadores como herramienta valiosa de gestión de cuidado de activos, que permita evaluar, de manera sistemática, periódica y objetiva su desempeño para controlar y actuar asegurando la satisfacción (Ferreira Barreto & Mora Montiel, 2011). Dicho trabajo cuenta con información importante ya que permite conocer las diferentes filosofías de mantenimiento y como consiguiente abarcar la más adecuada y acorde a la necesidad.

En el año 2018 Jhonny Alexander Maya de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín presenta el trabajo de grado *“Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM”* propone el desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) usando como estrategia el establecimiento de la



metodología TPM en una empresa relacionada en la producción de galletas y así atender necesidades en mantenimiento basado en el tiempo y el mantenimiento basado en condición (Maya Velásquez, 2019). La interrelación de las metodologías TPM y RCM permiten una gestión más eficiente basada en mayor confiabilidad.

En el año 2017 Jorge Andrés Rocha Mahecha de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas presenta el trabajo de grado *“Implementación del programa TPM - HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase sachet de la empresa Henkel colombiana S.A.S – planta Bogotá”* tiene como objetivo presentar una propuesta e implementar la metodología TPM con el fin de generar un impacto importante en los indicadores como waste, personal, horas máquina, horas hombre (Rocha Maecha, 2017). Dicho trabajo cuenta con información sobre el análisis de la información recolectada, los pilares básicos del TPM y los parámetros de mejora.

En el año 2018 Octavio Vega, Carlos Pérez y Camilo Verano de la Universidad Católica de Colombia presentaron el trabajo de grado *“Optimización del plan de mantenimiento de las instalaciones en la planta del cuidado del hogar de la compañía BRINSA S. A. en el municipio de Cajicá a través de la gestión del riesgo”* realizaron un estudio a la optimización del plan de mantenimiento de las instalaciones de la planta, dado que en los antecedentes de la compañía se encontraron falencias en la planeación y ejecución de las estrategias del departamento de mantenimiento (Cuan Pérez et al., 2018). En este trabajo justifican los beneficios que pueden conducir dicha implementación como lo son la eficiencia, calidad y ejecución del mantenimiento, así mismo se destaca la mejoras en las directrices del personal.

En el año 2016 Andrés Fagua y Álvaro Tamayo de la Universidad Sergio Arboleda presentaron el trabajo de grado *“Diseño del sistema de gestión de procesos y operaciones para*

*la administración del mantenimiento industrial en helados Popsy*” en el cual plantean varias estrategias de solución para problemas como lo es falta de planeación, falta de indicadores, falta de comunicación efectiva con el cliente prestador del servicio de mantenimiento, mal manejo de proveedores en general falta de un direccionamiento claro en el área de mantenimiento (Tamayo Gómez & Fagua, 2016). Es claro que en el momento de realizar una gestión adecuada se puede interrelacionar cada una de las áreas se puede lograr un mejor servicio y una mayor productividad, todo esto abarcando los pilares del mantenimiento productivo total y del mantenimiento lean.

En el año 2009 Ernesto Andrés López Arias de la Universidad Javeriana presenta el trabajo de grado *“El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación”* el cual da a conocer todos los fundamentos en la implementación del TPM de igual manera muestra algunas de las barreras que se pueden encontrar entre estas se evidencia el tiempo, ya que es un proceso de adaptación y un proceso de mejora continua, así mismo es de vital importancia la asistencia de los directivos de la compañía concluyendo que el éxito parte del factor humano y no tanto del recurso humano (Arias & Andrés, 2009).

### **5.1.2 Estado del arte internacional**

En el año 2017 José Grau Nogues de la Universidad Politécnica de Valencia presenta el trabajo de grado *“Estudio de plan de mantenimiento de Industria Alimentaria”* proponen diseñar el programa de mantenimiento con frecuencias de tiempo (uso del equipo), con el objetivo de realizar las fichas de operación estándar, cambios de componentes, reparaciones, ajustes, lubricaciones a la maquinaria y equipos que se consideran importantes; trazaron la estructura del diseño incluyendo los componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan

que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos, especificando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento de dicho plan (Grau Nogués, 2017).

En el año 2016 Fabián Eduardo Bravo Hernández de la Universidad Central de Venezuela presenta el trabajo de grado *“Elaboración de un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Caso Línea Seis de PepsiCo Alimentos S.C.A.”* propuso una alternativa para la disminución de las horas de paradas no programadas en la Línea Seis de PepsiCo Alimentos S.C.A. En el diagnóstico se determinó que la gestión de mantenimiento está enfocada en actividades correctivas, lo que genera retrasos en los tiempos de producción. Para determinar la problemática existente, se hizo una revisión de la data operacional y los históricos de fallas de los equipos pertenecientes al proceso productivo (E & H, 2017).

En el año 2012 Alejandro José Poveda Guevara de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador presenta el trabajo de grado *“Aplicación de la metodología RCM para el desarrollo del plan de mantenimiento del sistema de llenado automático de botellas de GLP”* realizó un análisis de modos de falla y efecto para determinar los estados de falla del sistema de entrada, sus modos de falla y los efectos que causan dichas fallas. Por último, evaluó la consecuencia de cada modo falla y determinar la estrategia necesaria para evitar una falla o disminuir su riesgo a un nivel tolerable (Guevara & José, 2012).

En el año 2017 Luis Dahbura, Luis Figueroa y Roberto Solórzano de la Universidad de Don Bosco en El Salvador presenta el trabajo de grado *“Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en 5S en una empresa panificadora Salvadoreña”* basados en la observación en algunas PYMES decidieron desarrollar un método guía para construir un plan de

gestión de mantenimiento basado en 5S para asegurar la continuidad operativa y estandarizar los procedimientos de una empresa productora de pan (Figueroa Hernández et al., 2017).

En el año 2016 Ramiro Misael García Raya de la Universidad Nacional Autónoma de México presenta el trabajo de grado “*Mantenimiento productivo total aplicado a una máquina formadora de camisas exotérmicas*” en el presente trabajo se evidencia las diferentes etapas establecidas por el autor, teniendo presente las políticas básicas del TPM, fijando objetivos para el desarrollo y de igual manera se implementa un plan con ayuda del personal a cargo (García Raya, 2016). Factor que se ha recalcado que es fundamental en el desarrollo de las metodologías de mantenimiento.

En año 2012 Daniel Galván Romero de la Universidad Nacional Autónoma de México se presenta el trabajo de grado “*Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de operaciones reales*” el cual busca evaluar la implementación de la metodología TPM mediante el modelo de análisis financiero de opciones reales y así determinar el valor que aporta al negocio, su desarrollo y como apoya al crecimiento de la compañía. El autor concluye basado en los respectivos datos que la implementación del proyecto en sí es una buena opción para mejorar los sistemas de producción (Galván Romero, 2012).

## 5.2 Marco Teórico

En la presente investigación se desarrollarán los siguientes temas:

Definición de mantenimiento

Generalidades de mantenimiento

Conceptos de maquinaria industrial

Metodologías de mantenimiento

Fases de la gestión de mantenimiento

Indicadores de mantenimiento

Definición del RCM

### 5.2.1 Definición de Mantenimiento

El mantenimiento es una parte fundamental en toda organización desde el punto de vista de la disponibilidad de los activos de esta manera se hace necesario tener claro lo que significa, para ello se debe responder a esta pregunta ¿qué es mantenimiento?

Se describe el mantenimiento como las técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (encontrando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (Garrido, 2003).

Otra clara definición, es la incorporación de procesos técnicos y administrativos enfocados en conservar o restaurar un equipo al estado en el cual pueda desempeñar la función requerida (ACIEM, 2018).

Esto permite tener un lugar de inicio del significado del mantenimiento más allá de todas las actividades y/o tareas que ayuden conservar o restaurar los equipos durante un determinado de tiempo.

Los objetivos del mantenimiento los podemos resumir en:

1. Garantizar el funcionamiento regular de las instalaciones y servicios.
2. Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos que forman parte de las instalaciones.
3. Conseguir ambos objetivos a un costo razonable

El objetivo del mantenimiento es implementar y generar mejoras de forma continua, la estrategia de mantenimiento tiene como fin asegurar en los clientes un máximo beneficio utilizando prácticas innovadoras, económicas y seguras (Trashorras, 2006).

### 5.2.2 Generalidades del Mantenimiento

Los equipos, máquinas y sistemas presentan evolución constante, cambiando a lo largo de los tiempos, siendo más sofisticados, abarcando una mejora continua en los procesos de mantenimiento y un trabajo más preciso por parte del gestor de mantenimiento (Infraspeak, 2020).

Se pueden establecerse diferentes clasificaciones de mantenimiento, teniendo en cuenta las posibles funciones que se le generan a éste, como también a la forma de desempeñarlas, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico, que en una mera relación de las particularidades funcionales asignadas. Desde lo cual se pueden distinguir los siguientes tipos de mantenimiento (León, 1998).

**Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos (Garrido, 2003).

**Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno (Garrido, 2003).

**Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables representativas de tal estado y operatividad (Garrido, 2003).

**Mantenimiento Hard time o cero horas:** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes que aparezca ningún fallo (Garrido, 2003).

**Mantenimiento en uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios de este (Garrido, 2003). En toda tarea o proceso que requiere mano de obra calificada, las labores de mantenimiento no son para el operario que quiera realizarlo, sino para quien sepa hacerlos. El querer hacer genera esfuerzos, pero en determinadas funciones no bastan y se requiere que se complementen con el saber, de tal manera será necesario complementar los conocimientos con el estudio (Vázquez, 2014). Por consiguiente, se debe tener en cuenta la mano de obra calificada en el departamento de mantenimiento, con un plan específico de capacitación para cerrar las brechas del estado de conocimiento.

### 5.2.3 Maquinaria Industrial

Una máquina es un conjunto de partes y mecanismos que actúan entre sí y de esta manera cuentan con la facultad de generar una función y/o actividad concreta, con el objetivo de poder desarrollarla repetidamente según las necesidades de diseños. Se puede definir como un simple sistema de apriete hasta un dispositivo de fabricación complejo.

Un mecanismo es un sistema determinado para transformar el movimiento de sus elementos e imprimirlo en otro componente del mecanismo o a otros cuerpos.

A continuación, se relaciona algunas características técnicas de los diferentes equipos que son objeto de investigación en la planta.

### 5.2.3.1 Horno Rotatorio

*Ilustración 1 Horno Rotatorio*

- Capacidad para un carro escalibadero de hasta 40 latas de 45 x 60 cm.
- Frente, puerta, laterales y espaldar fabricados en acero inoxidable.
- Piso en Hot Rolled refractario de alto rendimiento.
- Puerta con ventanilla de inspección en vidrio templado de seguridad.
- Bisagras en acero inoxidable macizo de trabajo pesado.
- Cerradura de trabajo pesado con sistema de seguridad.
- Cabina interior fabricada en acero inoxidable.
- Iluminación interna para observar el producto.
- Sistema de calefacción a gas propano o natural, ACPM o electricidad.
- Quemador industrial para 300.000 BTUs.
- Tablero frontal para manejo de controles.
- Control de temperatura automático con escala en grados C° o F°.
- Control de tiempo de horneado con alarma hasta 60 minutos.
- Control de inyección de vapor para pan baguette.
- Vaporizador de alto rendimiento y trabajo pesado.
- Sistema de encendido electrónico de seguridad.
- Sistema de seguridad a gas con control de llama antiexplosiones.
- Sistema de parada automática del escalibadero frente a la puerta.
- Horneado totalmente uniforme sin resecar el producto.



*Fuente. (Kadell, 2020)*

### 5.2.3.2 Batidora

*Ilustración 2 Batidora*



- Motor de 1 1/2 H.P. de uso intensivo
- Transmisión de engranes
- Tres velocidades fijas más una para batir
- Controles de cambio
- Tecnología patentada de batido de inicio suave
- Temporizador inteligente SmartTimer™ de 20 min.
- Registro automático del último tiempo establecido
- Controles grandes y accesibles
- Instalación del tazón de un sólo punto
- Tazón ergonómico que pivotea lateralmente
- Entrada de aditamentos #12
- Base abierta
- Guarda del tazón de acero inoxidable
- Acabado de recubrimiento de polvo híbrido gris metálico
- Tapetes de hule para el piso

*Fuente. (Hobart, 2020)*



### 5.2.3.3 Depositadora de Brownie

*Ilustración 3 Depositadora de Brownie*



- Diseñado para depositar mezclas blandas como pastas de bizcocho.
- El sistema es idóneo para rellenar tartas de capas y consigue excelentes resultados con deposición sobre bandejas de productos enteros.
- El modelo DRT consiste de una estructura montada con ruedas y un cabezal depositador debajo de una tolva de alimentación de producto.
- La tolva se puede equipar con rodillos de alimentación superiores para depositar crema batida, y se puede calentar para depositar cremas a temperatura controlada.
- Los rodillos motorizados del conjunto garantizan una manipulación delicada de la mezcla, consiguiendo un producto de excelente consistencia y superior calidad.

*Fuente. (Industry, 2020)*

### 5.2.3.4 Empacadora

*Ilustración 4 Empacadora*



- Ideal para envasar alimentos sólidos y productos no alimentarios hasta una velocidad de 100 paquetes por minuto.
- El uso de materiales mecánicos y electrónicos de alta calidad asegura una eficiencia de producción constante a lo largo del tiempo y unos resultados de empaquetado excelentes.
- El modelo "Top Seal" con sellado longitudinal en la parte superior del paquete se considera ideal para productos "difíciles de transportar".
- Hasta 100 paquetes por minuto
- Producto de tamaño mediano y grande
- Ideal para productos con longitud variable
- Adecuado para productos irregulares

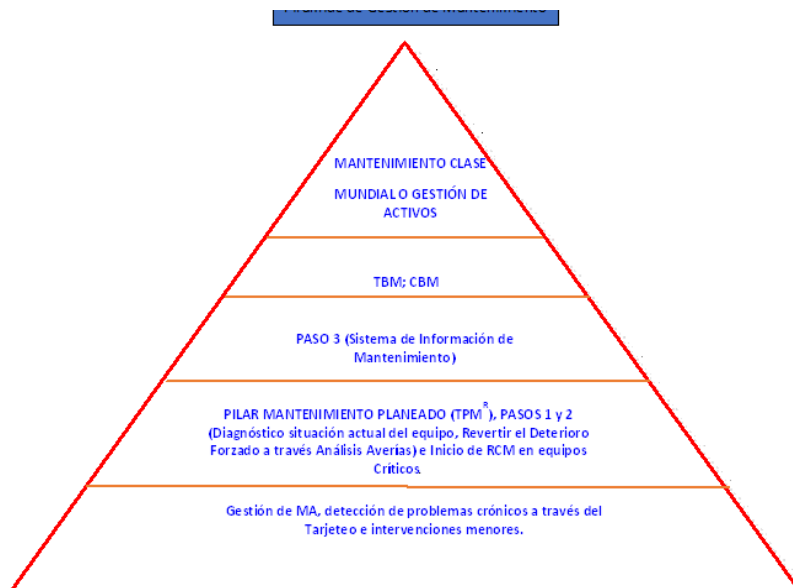
*Fuente. (MACHINERY, 2020)*

#### **5.2.4 Metodologías de Mantenimiento**

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no solo introducir mejoras e innovaciones en sus productos, servicios y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto solo se consigue mediante un mantenimiento adecuado (Carrasco, 2014).

Al pasar del tiempo han aparecido diferentes técnicas que son necesarias para analizar y estudiar su implementación. Presentan una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también como desarrollarlas en caso que pidieran se de aplicación algunas de estas técnicas son: TPM (Total Productive Maintenance, mantenimiento productivo total), RCM (Reliability Centered Maintenance, mantenimiento centrado en fiabilidad), Sistemas GMO (Gestión de mantenimiento asistido por ordenador), diversas técnicas de mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones, Termografías, detección de fugas por ultrasonido, análisis amperímetros, análisis de aceite, etc.)

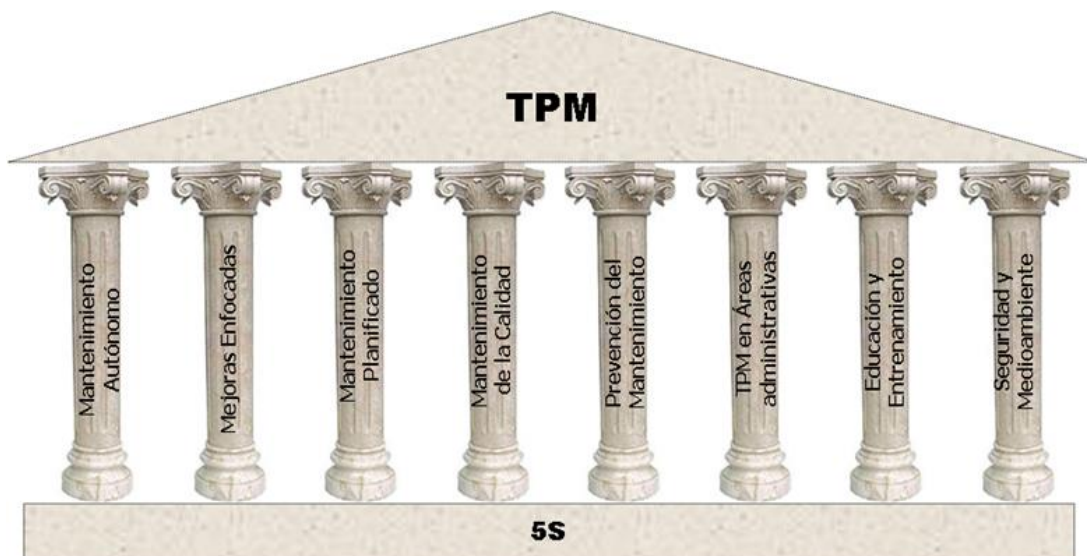
Ilustración 5 Pirámide Gestión de Mantenimiento



Fuente Aguilar, Consultores S.A.S.

### Pilares del TPM.

Ilustración 6 Pilares del TPM.



Fuente Ing. María Gabriela Mago

**Tabla 1. Principios fundamentales de TPM**

<b>PRINCIPIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Cero Defectos	<p>Inicialmente invita a suprimir las seis (6) grandes causales de pérdida que son: Averías, preparación y ajuste, paradas menores y tiempos vacíos, velocidad reducida, defectos de calidad, reducción en rendimiento.</p> <p>Se logra el objetivo con ayuda de equipos de diagnóstico, grupos de control y automatización, profundizando en los logros de la Gestión Total de la Calidad.</p>
Inventarios Cero	<p>Busca una producción “Justo a Tiempo”, y asegurar las compras y ventas.</p> <p>Propone eliminar los sistemas de almacenamiento.</p>
Rentabilidad Total	<p>Enfatiza un gran desarrollo en los sistemas de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.</p> <p>Implementa la definición de prevención de mantenimiento, junto con actividades de pequeños grupos.</p>

Productividad	<p>Se basa en la relación de salidas entre las entradas</p> <p>Las salidas se ven reflejadas en: producción, calidad, bajo costo, entregas, seguridad, entorno moral y costo de vida útil económica.</p> <p>Las entradas se muestran en los recursos físicos y humanos, ingeniería y mantenimiento de planta, adicional en los controles de inventario.</p>
Participación Total	<p>Cada uno de los departamentos y empleados deben apoyar y colaborar de manera consciente el desarrollo de la metodología.</p> <p>Combina la fijación de metas “arriba-abajo” con ayuda de la alta dirección, con actividades y tareas de mejora y mantenimiento de los pequeños grupos TPM.</p>
Mejora de la Eficacia	<p>Busca que los equipos estén libres de mantenimiento</p> <p>El costo del ciclo de la vida útil de los equipos debe ser económico.</p>
Logística y Terotecología	<p>La logística es la encargada de los productos, las materias primas, los sistemas, los programas y los equipos.</p> <p>La Terotecología es la ingeniería de mantenimiento y se encarga del diseño, ingeniería, montaje y mantenimiento de equipos.</p>

Mejoramiento de los Lugares de Trabajo	Se alcanza mediante la aplicación del sistema de administración japonés de las 5S
--	---

*Fuente: (Lefcovich), M.*

### 5.2.5 Fases de la Gestión de Mantenimiento

- Análisis de equipos: Valorar la máquina y de esta manera comprender su situación actual a través de un diagnóstico de las 4M's.
- Análisis de criticidad: Analizar la criticidad de los equipos es importante para definir los tipos de Mantenimiento y la frecuencia de realización.
- Comprender los fallos funcionales y fallos técnicos.
- Clasificación de los fallos: Clasificar las Averías, en graves medias o leves y establecer el modo de falla asociado a esta. Elaboración de plan de mantenimiento basado en el análisis de los fallos
- Modelo de mantenimiento posible: Seleccionar cual modelo de mantenimiento se adapta mejor a la planta y al objetivo planteado.
- Selección del modelo de mantenimiento: Realizar un piloto con un equipo crítico o una línea de producción para posteriormente replicarlo en los demás.
- Mejora y/o modificaciones de los equipos: Realizar mejoras en los sistemas de los equipos corrigiendo fallas de diseño.
- Cambio en los procedimientos de operación: Por medio de capacitaciones a los operadores de los equipos para que conozcan más sobre el principio de funcionamiento de los mismos y evitar así fallos por operación

- Cambio en los procedimientos de mantenimiento: Realizar actividades de mantenimiento enfocadas con base a las fallas recurrentes y los modos de falla.
  - Gestión de repuestos: Determinación de repuestos a partir del análisis de los fallos
  - Gestión de la información: Fortalecer la estructura de mantenimiento a través de un sistema integrado de datos que permitan mejorar la productividad y el control de los equipos
- Es importante continuar avanzando en el uso de herramientas informáticas (CMMS) que

faciliten el manejo del volumen de datos que arroja la gestión de mantenimiento, para su aprovechamiento y optimización.

### 5.2.6 Indicadores de Mantenimiento

¿Qué son los indicadores MTBF y MTTR y para qué nos sirven?

El historial de los datos de operación de un activo genera información en cuanto a los tiempos en los que ha trabajado (Up time UT) y los tiempos en los que ha estado detenido (Down Time DT), estos datos permiten obtener indicadores que muestran el estado del mantenimiento y operación del activo y con ello tomar decisiones respecto a la gestión de su mantenimiento.

**Up State (Estado Arriba):** El Up State o Estado Arriba es un estado en el cual el activo puede realizar la función requerida

**Up Time (UT):** El Up Time, tiempo de operación, tiempo de funcionamiento o de actividad es el intervalo de tiempo ininterrumpido durante el cual el activo está realizando su función.

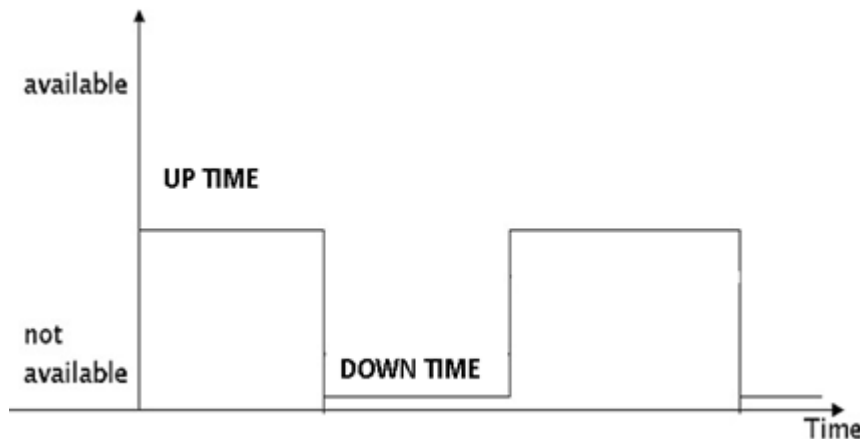
**Mean Up Time (MUT):** El Mean Up Time o tiempo medio de actividad, se define como el tiempo promedio en el cual el activo se encuentra realizando la función requerida

**Down State (Estado Abajo):** El Down State o Estado Abajo es un estado activo caracterizado por una falla para realizar la función requerida o una posible falencia que evita que el equipo ejecute la función durante un mantenimiento preventivo.

**Down Time (DT):** El Down Time o tiempo de inactividad (parada), puede ser planeado o no, hace referencia al intervalo de tiempo en el que el activo no está ejecutando la función requerida ya sea por la aparición de una falla o a la reparación de la misma.

**Mean Down Time (MDT):** El Mean Down Time o tiempo medio de inactividad, se determina como el tiempo promedio en el cual el activo no se encuentra ejecutando la función requerida. Este tiempo de parada incluye los intervalos entre la aparición de las fallas y los intervalos de reparación de estas, así como también los tiempos de parada propios de la operación del activo.

*Ilustración 7 Tiempo de actividad del equipo*



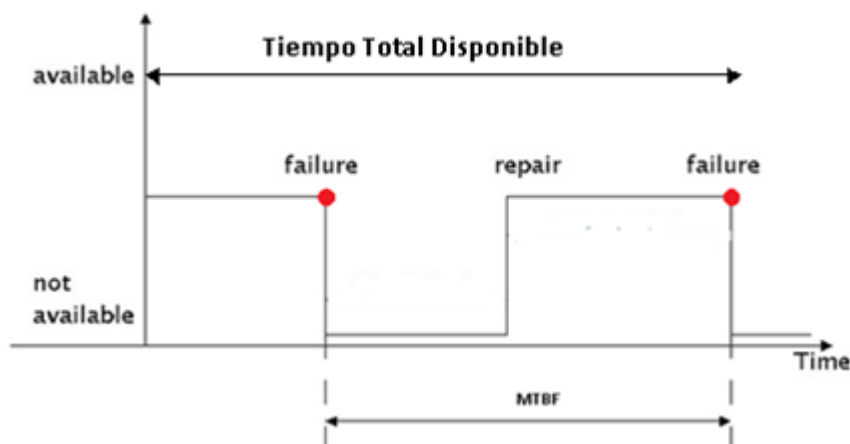
*Fuente. (Vivas, 2020)*

Ahora que sabemos cuáles son los estados de operación de un activo, podemos entender que son y cómo se calculan los indicadores MTTR y MTBF.



**MTBF (Mean Time Between Failures):** El MTBF o Tiempo Medio Entre Fallas, es el tiempo promedio en el cual se presentan dos fallas de manera sucesiva, es decir el tiempo que tarda un activo desde que falla hasta que vuelve a fallar.

*Ilustración 8 Tiempo Medio Entre Fallas*



*Fuente. (Vivas, 2020)*

El MTBF se calcula a través de la división entre el Tiempo Total de Operación y el número de fallas presentadas:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de Operacion}}{\text{Numero de Fallas}}$$

En donde el Tiempo Total de Operación es el tiempo en el que el activo se mantuvo en funcionamiento (Uptime), este se puede calcular a través de la diferencia entre el tiempo total en el que el activo pudo haber estado en UT (Tiempo Total Disponible) y el tiempo total en que se mantuvo inactivo (Down Time)

$$\text{Tiempo Total de Operacion} = \text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}$$

Con lo cual el MTBF también podría expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Numero de Fallas}}$$

Calcular el MTBF da como resultado una noción de la disponibilidad y confiabilidad del activo ya que muestra en promedio cada cuanto aparece una falla que lo inhabilita para cumplir su función, esto es muy importante debido a que cada modo de falla tiene tiempos de aparición diferente y el poder identificarlos nos permite definir las frecuencias para intervenir el activo ya sea para realizar una restitución cíclica y así evitar que se presente la falla (Mantenimiento Preventivo), para programar la reparación del componente (Mantenimiento Correctivo) o para verificar la condición operativa del activo y determinar el estado del desarrollo de la falla (Mantenimiento Predictivo) .

Cabe resaltar que las acciones mencionadas anteriormente, son solo algunas de las intervenciones que podemos hacer, el tipo de intervención a realizar dependerá de la estrategia de mantenimiento que definimos, los recursos disponibles, la criticidad del activo y las necesidades de operación.

Por último, nuestro objetivo en mantenimiento siempre será el de mantener lo más elevado posible el valor del MTBF ya que esto reflejará mayor disponibilidad y confiabilidad de nuestros activos.

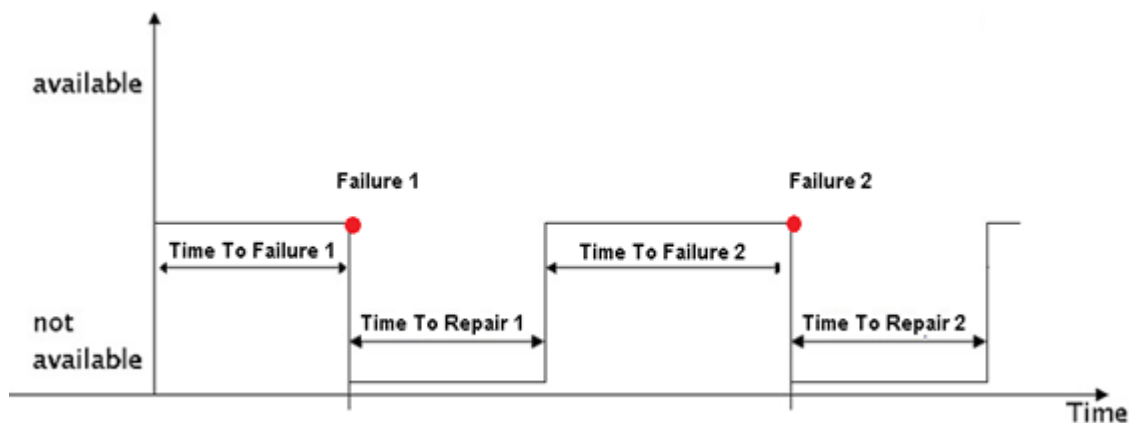
**MTTR (Mean Time To Repair):** El MTTR o Tiempo Medio Para Reparar, es el tiempo promedio que tardamos en realizar una reparación en el activo y devolverlo a su estándar de operación. Hablando en un escenario ideal el tiempo de reparación debería ser igual al tiempo de inactividad o DT ya que esto indica que el activo empieza a ser reparado inmediatamente ocurre la falla, sin embargo, en la realidad sabemos que esta situación no se da tan frecuentemente como desearíamos y por el contrario cuando ocurre la falla tardamos algún tiempo antes de empezar la reparación, con lo cual el DT se vuelve mayor que el tiempo de reparación.

Matemáticamente el MTTR se define como la división entre el Tiempo Total de Inactividad (que asumimos debe ser el mismo Tiempo de Reparación o Time To Repair TTR) y el número de fallas presentadas.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Inactividad}}{\text{Numero de Fallas}}$$

En estas condiciones los datos que obtendremos de la operación del activo se presentaran como lo indica la gráfica número 9.

Ilustración 9 Tiempo total de inactividad



Fuente. (Vivas, 2020)

En la gráfica podemos observar que el activo fallo en dos oportunidades y en las dos oportunidades se reparó inmediatamente después de que ocurrió la falla, por esta razón el Tiempo Total de Inactividad corresponderá a la sumatoria de los 2 Tiempos de Reparación (Time To Repair TTR), con lo cual la ecuación para calcular el Tiempo Medio Para Reparar o MTTR

será:

$$MTTR = \frac{TTR1 + TTR2}{2}$$

Calcular el MTTR nos permite determinar el tiempo promedio que tardamos en reparar nuestro activo cada vez que ocurre una falla, por tanto, al contrario del MTBF nuestra misión como ingenieros de mantenimiento es reducir todo lo que podamos el valor de este indicador ya que eso significa que cada vez estamos reparando más rápido el equipo.

Comprobando los MTBF de diferentes activos, podemos identificar los que presentan mayor confiabilidad, es decir los que necesitan menos intervenciones por averías y por lo tanto tiene menos probabilidad de fallar durante un tiempo de operación determinado.

Basándonos en el MTTR podemos conocer el tiempo que tardamos en reparar una falla y esto nos lleva a evaluar estrategias para mejorar los factores que determinan este tiempo, entre ellos están: el conocimiento que tenemos para diagnosticar y reparar la falla, la disponibilidad de recursos para intervenir el activo (personal, herramientas, repuestos, logística) la facilidad para realizar la reparación y el tiempo que tardamos en atender la falla; todos estos factores nos indican la capacidad que se tiene para restituir el activo a sus condición de referencia o estándar de operación (Mantenibilidad )

Adicionalmente, analizando el MTBF y el MTTR de manera conjunta podemos determinar la disponibilidad de los activos y por ende la capacidad de producción, por último, estos indicadores también nos ayudan a calcular los costos de mantenimiento (Vivas, 2020).

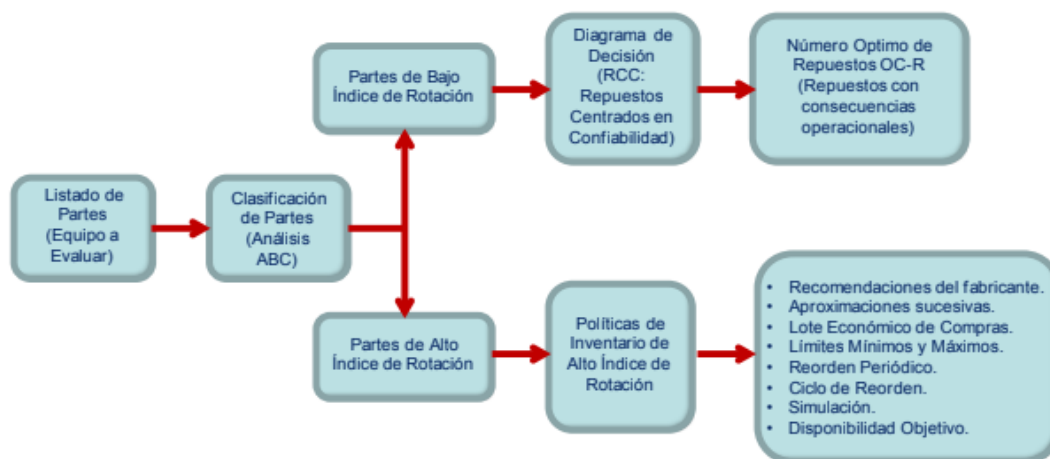
### **5.2.7 Repuestos basados en la confiabilidad (RCC)**

Repuestos Centrado en Confiabilidad (RCC - Reliability-Centered Spares/RCS) es "un método para determinar el nivel de inventarios de repuestos en base a la vida a través de los costos y los requisitos de los equipos y la operación de mantenimiento que los soportes de inventario".

El RCC se puede aplicar en cualquier instancia durante el ciclo de vida del activo (es decir, antes de comprar las piezas de repuesto o cuando el activo ha estado en servicio durante algún tiempo). Se puede aplicar de forma selectiva al inventario usando el principio de Pareto (Análisis ABC), tomando en cuenta que un pequeño número de repuestos suelen ser los responsables de una gran proporción del valor de inventario y/o podrían inducir a grandes pérdidas de producción en el caso de falta de existencias.

Mayormente, el RCC se le aplica a los repuestos que tienen baja rotación que derivan luego de realizar un Análisis ABC (Brito, 2014).

*Ilustración 10 Modelo de optimización de inventario aplicando RCC*



*Figura 4. Modelo de Optimización de Inventario aplicando RCC*

*Fuente: Revista predictiva 21*

Este método es basado en la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), enfocándose en responder de forma lógica, cuatro preguntas que permiten establecer la política de stock adecuada para cada repuesto.

Estas preguntas básicas son:

1. ¿Cuáles son los requerimientos de mantenimiento del equipo?

Los requerimientos se obtienen mediante la generación de los planes de mantenimiento.

2. ¿Qué pasa si no está disponible un repuesto?

El RCC se basa en la decisión de qué ocurre si no se dispone del repuesto y por lo tanto qué recursos son necesarios para reducir el riesgo cuando ocurra el faltante.

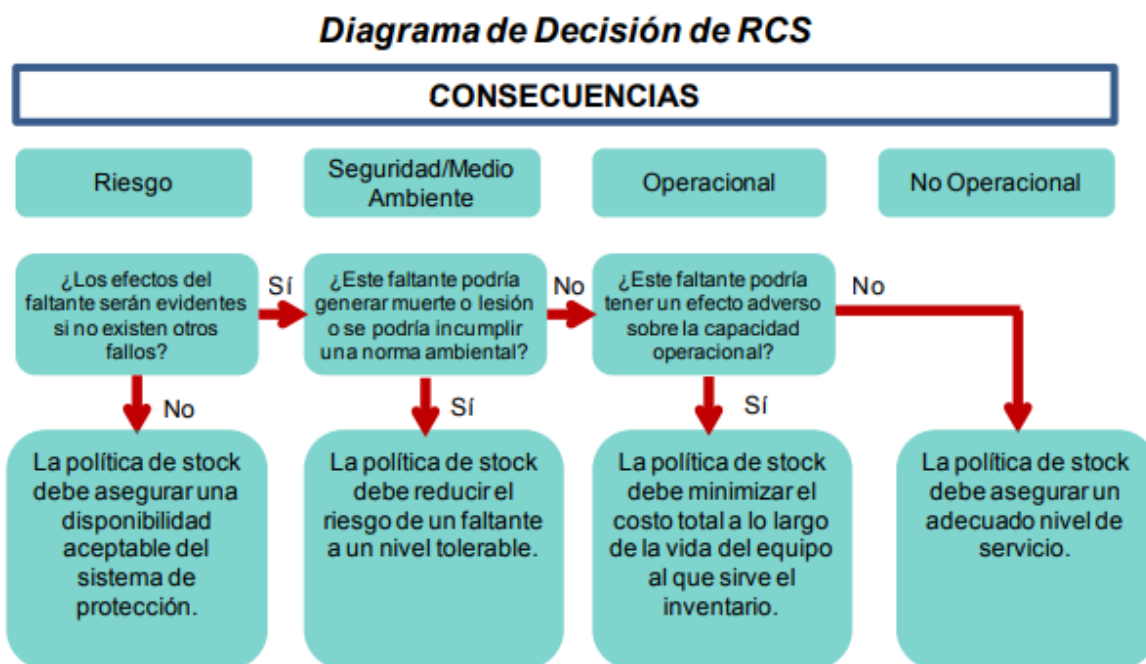
3. ¿Se puede anticipar el requerimiento del repuesto?

Las partes o repuestos necesarios para mantenimientos preventivos o reemplazos rutinarios, que ocurren en intervalos regulares, sin tener en cuenta la condición del equipo.

4. ¿Qué cantidad de repuesto es requerido en inventario?

Mediante el diagrama de decisión de RCC

Ilustración 11 Diagrama de decisión RCS



Fuente: de Revista predictiva 21

### 5.3 Marco Legal

**Tabla 2. Normas colombianas y extranjeras que rigen la gestión de activos**

Norma	Observación
Guía Técnica Gtc colombiana 62 Términos De Administración y De Control Del Mantenimiento	<p>2.2 términos asociados a trabajos de mantenimiento planeación y ejecución</p> <p>2.3 términos de administración de control del mantenimiento.</p> <p>2.4 términos referentes a indicadores y medidas de mantenimiento</p>

<p>Norma ISO 55000:2014 Gestión de Activos</p>	<p>2 Gestión de activos</p> <p>2.2 Beneficio de la gestión de activos</p> <p>2.4 Aspectos generales de la gestión de activos</p>
<p>SAE JA1011</p>	<p>Definiciones Básicas de RCM.</p> <p>Teoría básica de confiabilidad</p> <p>Objetivos y beneficios del RCM</p>
<p>ISO 14224</p>	<p>3 Términos, definiciones y abreviaciones</p> <p>1. Parte Componente</p> <p>1. Parte mantenible</p> <p>7 Datos del equipo, Fallas y mantenimiento</p>
<p>UNE-EN 60300-3-4:2011</p>	<p>Esta parte de la norma IEC 60300 Proporciona directrices para especificar las características de confiabilidad requeridas en las especificaciones.</p>



SAE JA1012_200201	SAE JA1012 ("Una guía para el estándar de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)") amplifica y aclara cada uno de los criterios clave enumerados en SAE JA1011 ("Criterios de evaluación para procesos RCM") y resume los problemas adicionales que deben abordarse en orden para aplicar RCM con éxito
UNE-EN 61649:2012	Esta norma internacional proporciona métodos para analizar datos de una distribución Weibull usando los parámetros continuos como el tiempo hasta el fallo, los ciclos hasta el fallo el esfuerzo mecánico, etc.
UNE-EN 13306:2018	Norma Europea especifica los términos genéricos y las definiciones para las áreas técnicas, administrativas y de gestión de mantenimiento

UNE-EN 17007:2018	Norma Europea proporciona una descripción genérica del proceso de mantenimiento. Define las características de todos los procesos de mantenimiento que forman parte del mismo y establece una orientación para la definición de indicadores
ISO 14830-1:2019	Esta Norma contiene requisitos y pautas generales para las actividades relacionadas con el control de las propiedades físicas y químicas de los lubricantes esta monitorización es evaluar la salud tribológica y el estado de las superficies del sistema de la máquina

Fuente: [www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060183](http://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060183)

## 6. Marco Metodológico

### 6.1 Recolección de Información

#### 6.1.1 Tipo de Investigación

Se realizó una investigación mixta ya que se combinaron dos tipos de diseño, en función de los datos a ser recolectados.

Investigación Documental: se consultó documentos bibliográficos, manuales de información, procedimientos, así como la consulta de criterios y metodologías de mantenimiento.

Investigación de campo: Se obtuvo datos primarios, es decir la información necesaria se recopiló directamente del área de estudio, donde se pudo observar las necesidades reales de las actividades que se plantearon.

### **6.1.2 Fuentes de la Obtención de la Información**

Fuentes de información primaria, software de mantenimiento SAP, auditoria de mantenimiento

### **6.1.3 Instrumentos de recolección de información**

Auditoria de mantenimiento

Matriz de criticidad

Formato AMEF

Software de mantenimiento SAP

Gráficas

Para diagnosticar la situación actual en cuanto al proceso de mantenimiento se ejecuta una auditoría de mantenimiento con base a esta se da conocer cómo se está manejando el mantenimiento de los activos y cuáles la estrategia a seguir para mejorar, basándose en los registros de información en el sistema SAP productivos y de mantenimiento de la línea de producción de brownie ejecutando una evaluación cuantitativa y cualitativa del proceso.

La matriz de criticidad se usa para establecer cuáles son los activos más críticos del proceso.

Se realiza un análisis utilizando la matriz Formato AMEF para establecer las fallas más frecuentes, el modo de falla, el mecanismo de falla y de esta manera establecer tareas de mantenimiento que ayuden a que estas fallas no se vuelvan a presentar.

Se utilizaron gráficas para representar la información obtenida, lo que facilitó la explicación y análisis de los resultados.

#### **6.1.4 Metodología**

Con el objeto de realizar un diagnóstico de la situación actual, en primera instancia se realizaron visitas a la planta con el objeto de constatar las circunstancias bajo las cuales operan los equipos, y así observar su desempeño durante el cumplimiento de sus funciones.

Para dar cumplimiento al objetivo general que es:

Determinar la metodología de mantenimiento más adecuada que permita mejorar la gestión de mantenimiento en la línea de brownie para la planta Mama –ía de Bogotá.

Se realizaron estas actividades:

Como primera medida se realizó la matriz de criticidad para identificar cuales, son los equipos críticos, se usó la Matriz de Criticidad ABC basada en factores ponderados, se denomina así, ya que, establece la siguiente escala: Criticidad A, Criticidad B, Criticidad C, para definir el impacto general de los equipos sobre los factores estudiados en el análisis.

Definir la escala de criticidad se tienen en cuenta varios criterios según cada departamento de la compañía, como los explica la tabla 3

**Tabla 3. Criterios de clasificación de criticidad de activos**

<b>CRITICIDAD</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>(L)</b> <b>REGLEMETADO</b> <b>POR LA LEY</b>	¿Está sujeto a las leyes y es obligatorio el desmontaje periódico?	No está sujeto a las leyes	
<b>(S)</b> <b>SEGURIDAD Y</b> <b>ENTORNO</b>	¿Una avería en esta máquina, puede generar una condición insegura o contaminante para el medio ambiente?	¿Una avería en esta máquina, puede generar una condición insegura o contaminante para la comunidad?	¿Una avería en esta máquina, no genera una condición insegura o contaminante?
<b>(Q)</b> <b>CALIDAD Ó</b> <b>RENDIMIENTO</b>	¿Una avería en esta máquina, puede generar productos defectuosos o	¿Una avería en esta máquina, puede afectar el rendimiento de la maquina?	¿Una avería en esta máquina, no genera productos defectuosos o afecta el rendimiento?

	variaciones en la calidad?		
<b>(W)</b> <b>TIEMPO DE OPERACIÓN</b>	¿Esta máquina funciona dos o más turnos?	¿Esta máquina funciona un turno completo?	¿Esta máquina funciona intermitentemente?
<b>(D)</b> <b>RETRASOS Y/O COSTOS DE OPORTUNIDAD</b>	¿Una avería en esta máquina, puede parar toda la planta?	¿Una avería en esta máquina, puede parar un grupo de máquinas?	¿Una avería en esta máquina, no genera paro o posee máquina de reserva?
<b>(P)</b> <b>FRECUENCIA DE AVERÍAS</b>	¿Tiene averías recurrentes o graves en el último año?	¿Tiene averías recurrentes o graves en los últimos 5 años?	No presenta averías por más de 5 años
<b>(M)</b> <b>MANTENIBILIDAD</b>	Su MTTR es mayor a 4 horas o su costo de reparación mensual es mayor a \$ 5`000.000	Su MTTR está entre a 1 y 4 horas o su costo de reparación mensual está entre 1 y \$ 5`00000	Su MTTR es menor a 1 hora o su costo de reparación mensual es menor a \$ 1`000.000

Luego se seleccionó uno activo para aplicarle los pasos del RCM teniendo un análisis de fallas y modos de falla para luego seleccionar las actividades de mantenimiento que permitan que las fallas no se vuelvan a presentar y posteriormente como propuesta poder aplicar a esta metodología a los demás equipos críticos.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos a continuación se relacionan las actividades correspondientes

Diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento.

Como primera medida se utiliza la auditoria de mantenimiento como primera actividad para dar este diagnóstico de la situación actual.

Recopilar y analizar la información y normatividad de las diferentes metodologías de mantenimiento más relevantes.

Las actividades que permitieron recopilar y analizar la información es el listado de averías del año 2019 con los cuales se analiza esta información para verificar cuales son los más recurrentes, dentro de esta actividad se observa en el sistema de información SAP no se encuentra toda la información necesaria para crear los indicadores importantes para el área de mantenimiento como lo son el MTTR y MTBF los tiempos de parada no se encontraron registrados en el sistema y sin estos valores es casi imposible generar los indicadores anteriormente mencionados

Generar una propuesta con la metodología de gestión de mantenimiento más adecuada para el proceso con base en los indicadores de gestión.

Se analizaron las metodologías más importantes para generar la propuesta de mantenimiento más adecuada.

Para evaluar los Costos de mantenimiento, se utilizó la información aportada por la empresa Harinera del Valle, respecto a los costos de mantenimiento correctivo y preventivo aplicado a los equipos hornos los cuales son los más críticos de la línea, en el lapso de un 1 año

## **7. Propuesta de solución**

### **7.1 Diagnostico de la situación actual**

Para el cumplimiento de este primer objetivo específico se procede a realizar el análisis de criticidad utilizando el listado de averías de los equipos que junto con el análisis Dofa para evaluar la situación actual de mantenimiento y los equipos en la planta con la ayuda de la auditoria de mantenimiento.

Mediante el sistema SAP se logra identificar las paradas más comunes de los equipos mediante un proceso continuo de 16 horas de operación en los últimos meses. Como consiguiente se encuentran datos faltantes de vital importancia en los mantenimientos como son; registros en las fechas, causantes, tiempos de parada, frecuencia en los mantenimientos, equipos de alto nivel de criticidad.

En primera instancia se realiza la auditoria de mantenimiento donde se evalúan 5 componentes de la gestión de mantenimiento como lo son: criticidad de equipos, manejo de la información, mantenimiento actual, costos y efectividad del mantenimiento esto con una serie de preguntas donde se evalúa 1 si la situación presentada no está implementada , 3 si se la situación presentada está parcialmente implementada y 5 sí la situación presentada está totalmente implementada, los resultado se presentan en la tabla 4



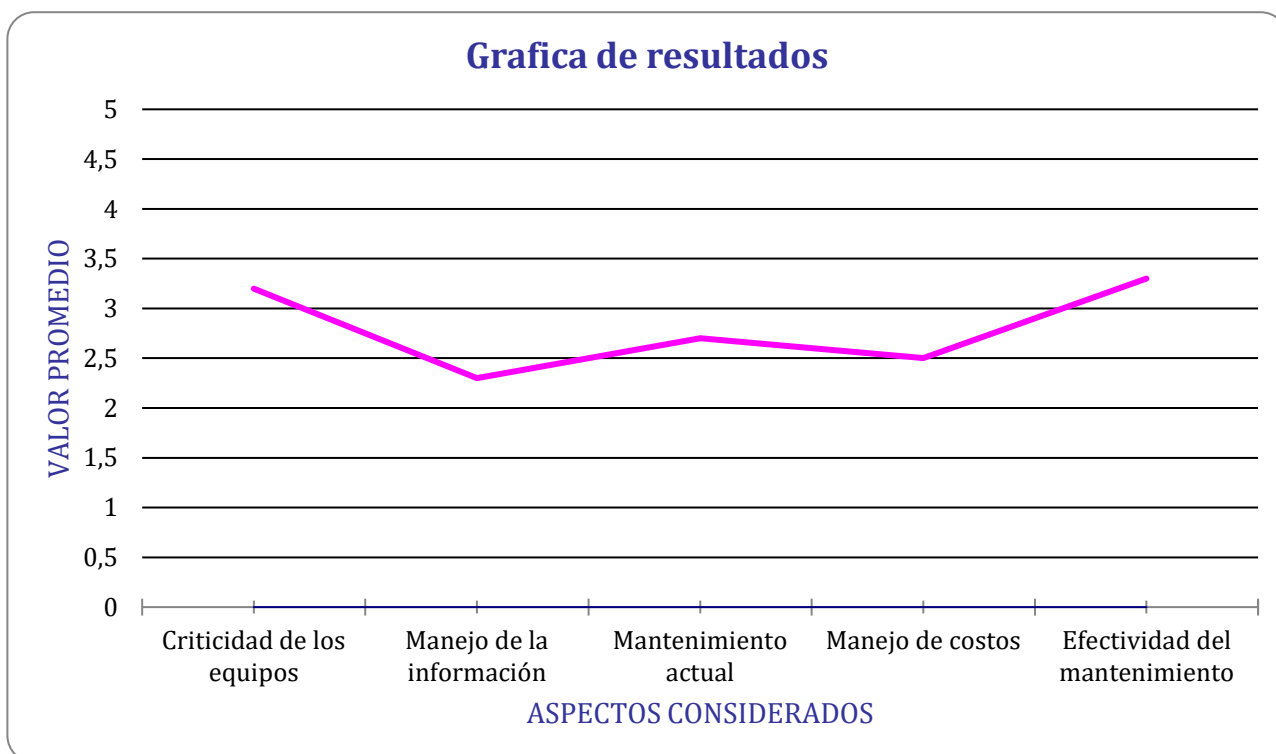
**Tabla 4. Resultados de la auditoria de mantenimiento**

**RESUMEN DE LA AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO**

<b>Aspectos Considerados</b>	<b>Valor</b>	<b>Calificación</b>
Criticidad de los equipos	3,2	Aspecto regular
Manejo de la Información	2,3	Aspecto regular
Mantenimiento actual	2,7	Aspecto regular
Manejo de costos	2,5	Aspecto regular
Efectividad del Mantenimiento	3,3	Aspecto regular

*Fuente: autores del proyecto*

**Grafica 1 Resultado de la auditora**



*Fuente: autores del proyecto*

Con esta auditoria da como resultado que la gestión de mantenimiento es susceptible de mejora en todos los componentes evaluados y nos da un punto de partida para presentar la propuesta de gestión adecuada.

En la tabla número 5 se relacionan las averías de los equipos durante el año 2019 que se presentan a continuación:

**Tabla 5. Averías año 2019 en planta de producción mama-ia Bogotá**

<b>Código SAP</b>	<b>Equipo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
<b>5001036</b>	TAMIZADORA	18/02/2019	Desarme tamizadora tornillo sinfín
		01/04/2019	Daño tamiz
		03/07/2019	Cinturón magnético desoldado
		19/07/2019	Mtto modificación tolva
<b>5000810</b>	Batidora H-600	11/01/2019	El tornillo que sostiene la pala está desajustado.
		26/07/2019	Fase suelta clavija
<b>5001038</b>	FUSOR DE	31/05/2019	fallas en el sensor
	MARGARINA	06/11/2019	Fallas en la temperatura
<b>5001096</b>	DEPOSITADOR	27/05/2019	Desgaste en el eje del rodillo banda
	A DLV 450	15/08/2019	falla en la presión del aire
		16/12/2019	Daño en banda transportadora
<b>5000906</b>	Horno 1 Weston	30/01/2019	Se desoldó la chapa de la puerta
		15/02/2019	Termocupla suelta
		06/05/2019	se encuentra fibra de vidrio
		23/05/2019	Falla presostato quemador
		08/08/2019	Daño mínima puerta

		03/09/2019	Falla temperatura
		21/10/2019	Quemador no prende
		26/10/2019	Quemador no prende
		05/11/2019	Falla temperatura
		16/11/2019	Falla temperatura
<b>5000808</b>	Horno 2 Kadell	14/01/2019	Daño en los rodamientos de la turbina
		18/03/2019	Encontró fibra de vidrio
		09/05/2019	Quemador no prende
		03/08/2019	Hollín en la cámara de horneo
		12/08/2019	Estallido quemador
		16/08/2019	Encontró fibra de vidrio
		07/09/2019	Encontró fibra de vidrio
		10/09/2019	Estallido quemador
		03/10/2019	Ruido en turbina
		16/11/2019	Falla temperatura
<b>2000162</b>	Empacadora	13/02/2019	Falla en el codificador
		21/05/2019	No corta
	Escorpión	27/05/2019	Problemas de corte de lámina
	08/06/2019	Fallas en el codificador	
<b>5000893</b>	Empacadora Doboy	11/01/2019	Máquina Doboy falla en mordazas
		22/03/2019	Fallas de temperatura
		29/04/2019	No corta
		18/05/2019	Fallas en el codificador
		09/07/2019	Máquina Doboy presenta daño en los piñones de las mordazas

		13/08/2019	Rompe paquete en una esquina uno que otro paquete
		18/09/2019	presenta fallas en la temperatura de mordazas
		04/10/2019	presenta fallas en los sensores de codificación

*Fuente. SAP (2019) planta de producción mama-ia elaboración autores del proyecto*

Basado en el estudio de criticidad de los equipos de la línea de producción se logra identificar los equipos que presentan menor nivel de criticidad como lo son; Depositadora de brownie y Tamizadora ya que si se presentan fallas en los equipos se cuenta con más unidades en inventario, su nivel de parada difícilmente se presenta en un año, su tiempo de operación no es constante y presentan un costo de mantenibilidad medio.

En la tabla número 6 se presenta la clasificación que se realiza de acuerdo con los criterios establecidos para plantear un tipo de mantenimiento adecuado.

**Tabla 6. Matriz de criticidad equipos planta de producción**

CRITICIDAD A-B-C DE LOS EQUIPOS										
Código equipo	Descripción	Criterio para evaluación						Resultado	TIPO DE MANTENIMIENTO	
		L	S	Q	W	D	P			M
5000906	HORNO WESTON		B	A	B	C	B	A	B	PREVENTIVO
5000808	HORNO KADELL		B	A	B	C	B	A	B	PREVENTIVO
5000810	BATIDORA HOBART 600		B	A	B	A	B	B	A	PREDICTIVO

2000162	EMPACADORA ESCORPIÓN		C	A	B	C	B	B	B	PREVENTIVO
5000893	EMPACADORA DOBOY		C	A	B	C	B	B	B	PREVENTIVO
5001038	DIFUSOR DEMARGARINA		B	B	B	C	B	C	B	PREVENTIVO
5001096	DEPOSITADORA DE BROWNIES		C	A	B	C	C	B	C	PREVENTIVO
5001036	TAMIZADORA		C	A	C	C	C	B	C	CORRECTIVO
	PETAR		C	B	B	B	B	B	B	PREVENTIVO
5001257	COMPRESOR INGERSOLLRAND		B	B	A	B	B	B	B	PREVENTIVO
	SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA		B	A	A	A	A	A	A	PREDICTIVO
<b>Total por criticidad en la zona</b>								<b>A</b>	10%	PREDICTIVO
								<b>B</b>	70%	PREVENTIVO
								<b>C</b>	20%	CORRECTIVO

*Fuente. Autores del proyecto*

Otra herramienta que se utiliza es la matriz DoFa donde se identifica información relevante de las oportunidades y fortalezas como son la capacitación del personal en un 80% adquiriendo nuevas tecnologías que serán de apoyo y de gran crecimiento en el factor humano.

Tabla 7. Matriz DOFA

<p style="text-align: center;"><b>MATRIZ DOFA</b></p>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p>Personal con conocimiento y experiencia (80%)</p> <p>Recursos de la organización para mejoras.</p> <p>Alianza con proveedores externos FESTO, Simapro, Ingersonrand</p>	<p><b>DEBILIDADES</b></p> <p>Procesos manuales.</p> <p>Falta de motivación.</p> <p>Operadores no participan en los mantenimientos</p>
<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Capacitar a los operadores y técnicos.</p> <p>Aplicación el modelo de gestión de mantenimiento a otras plantas de la organización.</p>	<p><b>ESTATEGIA FO</b></p> <p><b>O1F1:</b> Volver a los técnicos y operadores de los equipos a un nivel de experticia para así garantizar un buen funcionamiento de los activos.</p>	<p><b>ESTATEGIA DO</b></p> <p><b>O1D2:</b> Diseñar un plan de recompensas para el personal una vez cumplan con un plan de capacitaciones.</p> <p><b>O3D3:</b> Realizar mejoras y</p>

<p>Realizar automatización en los equipos</p>	<p><b>O2F2:</b> Realizar mejoras y actualizaciones en los equipos que se puedan replicar en otras plantas de la organización.</p> <p><b>O3F3:</b> Garantizar la alianza con proveedores estratégicos para aumentar la productividad de los equipos</p>	<p>actualizaciones de los equipos e involucrar a los operadores para generar el sentido de pertenencia.</p>
<p><b>AMENAZAS</b></p> <p>Proveedores únicos.</p> <p>Mercado laboral no ofrece alternativas técnicos especialidades</p>	<p><b>ESTRATEGIA FA</b></p> <p><b>F1A1:</b> Determinar proveedores suplentes que puedan apoyar con servicios y repuestos de calidad y tiempo de entrega óptimos.</p> <p><b>F2A2:</b> Utilizar los recursos financieros en un plan de capacitación</p>	<p><b>ESTRATEGIA DA</b></p> <p><b>A1D1:</b> Ingresar nuevas tecnologías al servicio de los equipos de producción como la automatización para ser más competitivos en el mercado.</p> <p><b>A2D2:</b> Tener técnicos especialistas ya que con eso se puede garantizar la confiabilidad de los equipos</p>

Fuente. Autores del proyecto

A continuación, en la tabla número 9 se presenta el número de paradas no programadas por mes, en el año 2019 en los equipos de la línea de brownie.

**Tabla 8. Parada de equipos no programadas por meses**

Equipo	Paradas de equipos no programadas por meses												
	Ene	Feb.	Mar	Ab r	Ma y	Ju n	Jul	Ag o	Sep	Oct	Nov	Dic	Total gener al
<b>Batidora H-600</b>	1						1						2
<b>DEPOSITADOR A DLV 450</b>						1			1			1	3
<b>Empacadora Scorpion</b>			1			2	1						4
<b>Empacadora Doboy</b>	1			1	1	1		1	1	1	1		8
<b>FUSOR DE MARGARINA</b>						1						1	2
<b>Horno 1 Weston</b>	1		1			2			1	1	2	2	10
<b>Horno 2 Kadell</b>	1			1		1			3	2	1	1	10
<b>TAMIZADORA</b>			1		1			2					4

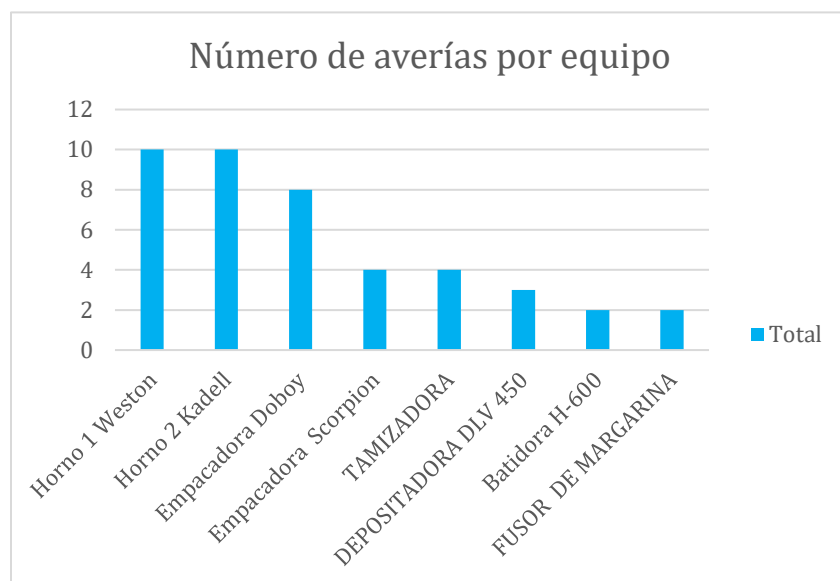


<b>Total general</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>43</b>
----------------------	----------	--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

Fuente: SAP planta mama-ia, elaboración autores del proyecto

En la gráfica 2 se presenta el número de averías por equipo donde podemos ver que el 46% de las averías de la planta se presentan en los hornos con 10 fallas cada uno, seguidos por las empacadoras con 8 para la Doboy y 4 de la Escorpión durante el año 2019

### Grafica 2. Número de averías por equipo



Fuente: Tomado de SAP planta mama-ia elaborado: autores del proyecto

La tabla 9 se muestra la representación en porcentaje de cada equipo de las averías totales

**Tabla 9. Representación porcentajes de cada equipo con averías totales.**

<b>Equipos</b>	<b>Representación en porcentaje de averías</b>
Horno 1 Weston	23,26%
Horno 2 Kadell	23,26%
Empacadora Doboy	18,60%
Empacadora Scorpion	9,30%
TAMIZADORA	9,30%
DEPOSITADORA DLV 450	6,98%
Batidora H-600	4,65%
FUSOR DE MARGARINA	4,65%
<b>Total general</b>	<b>100,00%</b>

*Fuente: Tomado de SAP planta mama-ia realizado autores del proyecto*

Con esta tabla 10 podemos deducir que si analizamos las fallas y los modos de fallas de estos cuatro equipos que tienen el 74% de representación de las averías en la línea podemos llegar a bajar considerablemente las fallas y aumentar la disponibilidad de los activos en mención, con las tareas de mantenimiento que nos ayuden a evitar que se repitan e incluirlas en el respectivo plan de Mantenimiento.

En la tabla número 11 se ilustra los modos de fallas que se presentan en los equipos, para el caso de estudio se hace uso de la herramienta AMEF el cual fue aplicado a la empacadora Escorpión donde se hace un análisis de los modos y se propone las actividades de mantenimiento a realizar.

Tabla 10. Modos de falla por equipo

Modos de falla por equipo por mes													Total
Modos de falla	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	General
<b>Empacadora Escorpión</b>		1			2	1							4
Falla en el codificador		1											1
Falla en el codificador						1							1
No corta					1								1
Problemas de corte de lamina					1								1
<b>Empacadora Doboy</b>	1		1	1	1		1	1	1	1			8
rompe paquete en una esquina uno que otro paquete								1					1
Falla de temperatura			1										1
Falla en el codificador					1								1
maquina Doboy falla en mordazas	1												1
maquina Doboy presenta daño en los							1						1

piñones de las mordazas													
maquina Doboy presenta fallas en la temperatura de mordazas								1					1
maquina Doboy presenta fallas en los sensores de codificación									1				1
No corta			1										1
<b>Horno 1 Weston</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>2</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>10</b>
Termocupla suelta		1											1
Daño manija puerta							1						1
Falla presostato Quemador				1									1
Falla temperatura								1		2			3
Quemador no prende									2				2
Se desoldó la chapa de la puerta	1												1
se encuentra fibra de vidrio				1									1
<b>Horno 2 Kadell</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>1</b>			<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			<b>10</b>

Daño en los rodamientos de la turbina	1												3
encontró fibra de vidrio			1					1	1				3
Estallido Quemador								1	1				2
Falla temperatura											1		1
Hollín en la cámara de horneó								1					1
Quemador no prende					1								1
Ruido en la turbina										1			1
<b>Total general</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>32</b>

Fuente: SAP planta mama-ia elaborado por los autores del proyecto

Unos de los modos que más se repiten es la falla del codificador del empacador escorpión de acuerdo a esto se establece una serie de actividades para evitar que se repita este tipo de fallas, más adelante en la presentación del formato Amef se observan las actividades propuestas.

A continuación, se relacionan los costos de mantenimiento asociados a las actividades que se realizaron observar la tabla número 11

**Tabla 11. Costo de actividades de mantenimiento**

Actividades de Mantenimiento	Valor \$
Ajuste presostato Quemador	313.500
Calibración controlador Kadell	420.000
Cambio de aislamiento horno Kadell	3.500.000

Cambio de iluminación interna	320.000
Cambio de medidor gas Weston	404.035
Cambio de presostato	472.291
Cambio eje perforado intercambiador	2.375.150
Cambio pt 100 Weston	250.000
Horno Kadell Reparación motor balanceo turbina	930.000
Instalación de horómetro Kadell	657.000
Instalación de horómetro Weston	657.000
Modificación de puerta horno Kadell	700.000
motor Kadell	350.000
Mtto pre. Weston	313.500
Mtto preventivo Kadell	313.500
Mtto preventivo hornos	559.550
Mtto preventivo Kadell	210.000
Mtto pre. Weston	1.307.000
Prev. Quemador	627.000
Reparación intercambiador Weston	3.450.000
Reparación turbina	1.950.000
Revisión Quemador Kadell	313.500
Soldadura manija puerta	180.000
<b>Total general</b>	<b>20.993.026</b>

Fuente: Tomado de SAP planta mama-ia

En la tabla número 12 se muestra el valor de las actividades de servicios que es prestaron por proveedores externos donde se puede apreciar que durante el año 2019 fueron invertidos

\$ 20.993.026 en los hornos con un promedio mensual de \$ 1.749.419 para los dos hornos un presupuesto alto si se tiene en cuenta que son los equipos que más fallas presentan.

Presentación de parte del formato Amef donde se analizan los modos de falla se determina la falla funcional y el mecanismo de falla.

Lo podemos observar en la tabla 12

**Tabla 12. Modos de falla de la empacadora escorpión sección empaque**

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	PRIMARIA	SECUNDARIA	MODO DE FALLA	MECANISMO DE FALLA
<b>Sellar el empaque en la parte longitudinal</b>	No Sella	primaria		Falla en Termocupla o resistencia	Resistencia/Termocupla
	Falta de presión en el sellado		Secundaria	desajuste en la tuerca presión	Rodillos
	Sella	primaria		No cumple los parámetros de hermeticidad	Rodillos
<b>Sellar el empaque en la parte transversal</b>	No Sella	primaria		Falla en la resistencia o Termocupla	Mordazas
	Falta de presión en el sellado			Falta de ajuste en la mordaza	Mordazas
<b>Cortar el paquete</b>	No corta	primaria		Daño en cuchillas	Mordazas
	Corte deficiente	Primaria		Desgaste en cuchillas	
					falta de Ajuste

<b>Imprimir</b>	No imprime	Primaria		Rodillos sucios	Rodillos codificador
<b>Fecha</b>	Impresión borrosa		Secundaria	Error parámetros	software

*Fuente. Autores del proyecto*

## **7.2 Recopilación y análisis de la información sobre las diferentes metodologías de mantenimiento relevantes a utilizar**

Para el cumplimiento al segundo objetivo específico se procede a recopilar y analizar la información y normatividad de las diferentes metodologías, las cuales fueron: Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM), Mantenimiento Productivo Total (TPM) ya que, actualmente son consideradas las filosofías más efectivas a fin de crear valor en el área de mantenimiento en las organizaciones, con un mismo fin y es buscar un mejor uso de los activos de una empresa, pero con protocolos de ejecución distintos. Para seleccionar entre éstas el mejor enfoque para el caso de estudio fue necesario obtener una descripción del contexto situacional de la organización responsable de su mantenimiento y con base a los objetivos principales de cada metodología como lo muestra la tabla 13, se puede concluir;



**Tabla 13. Análisis metodologías de mantenimiento**

<b>RCM</b>	<b>TPM</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una metodología para anunciar las fallas en equipos y los componentes abarcándolos de manera específica y con ciertas reglas para su funcionamiento y de esta manera optimizar las tareas de mantenimiento</li> <li>• El objetivo del RCM proteger y optimizar el funcionamiento de los sistemas de cada uno de los activos. Esto genera mayor exigencia en cuanto a la implementación de un proceso más ordenado para definir los límites y funciones, analizando de esta manera desgaste y fallas.</li> <li>• Esta metodología se usa con fin de establecer lo que debe hacerse</li> </ul>	<p>El modelo integra actividades de mejora continua y se caracteriza porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basa en eficacia económica mediante; cero defectos, cero averías y cero accidentes.</li> <li>• Incluye a todo el personal de la empresa en base a un plan de acción.</li> <li>• Es una metodología que requiere mayor tiempo entre de 3 a 4 años</li> <li>• La participación de todos los trabajadores fomenta una nueva cultura organizacional.</li> <li>• TPM tiene una premisa integral, y es que ningún proceso o plan de mantenimiento logra ser efectivo si otros procesos generan pérdidas y fallas.</li> </ul>

<p>con tal de asegurar que un elemento físico continúe ejecutando sus actividades de la manera que se esperan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las Características del RCM son: Trabaja solo en área de mantenimiento. Se puede implementar en un tiempo promedio de 3 a 6 meses. Depende de la caracterización del tipo de mantenimiento que incumbe cada activo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El TPM influye en la capacitación y entrenamiento constante del personal para lograr delegar al operario como responsable de la calidad del producto que la empresa adquiere, y su confianza operativa.</li> </ul>
<p><b>Diferencias</b></p>	
<p>Si bien ambos buscan la mejor gestión de activos posible, TPM es una estrategia a largo plazo que apunta a mejorar el clima organizacional y el compromiso de los trabajadores. RCM, por otro lado, ignora las condiciones externas que inciden en el estado de los activos y se apoya en la condición básica del equipo, es decir, la idea de que el operario siempre tendrá un buen manejo y cuidado del activo. El método RCM da por descontado que el activo tendrá condiciones básicas de mantenimiento, y esto puede ser un error, sobre todo en un ambiente donde los operadores son causantes de la variación en la vida útil de los equipos.</p>	

Esta evaluación permite obtener que la metodología a utilizar es el (RCM) ya que brinda herramientas precisas para atacar las fallas de forma directa, partiendo de que busca la mejora del mantenimiento. El objetivo principal que se desea abarcar en la compañía es la gestión de indicadores y mayor control en las tareas de mantenimiento siendo el RCM el intermediario para aumentar la fiabilidad de las instalaciones, disminuyendo los tiempos de parada de planta por averías que impidan la ejecución de los planes de producción. Adicional a esto se busca un mayor control en los costos de mantenimiento y mediante esta metodología se logran ya que busca reducir la cantidad de mantenimientos rutinarios y cuenta con conceptos técnicos de fácil comprensión por el personal y de esta manera poder ejecutar las tareas de forma gradual y sencilla. Claramente la implementación de esta metodología no abarcaría mayores costos ya que depende de un solo departamento su ejecución y el periodo de implementación es corto presentando resultados a corto plazo.

Comparando con TPM requiere de otros elementos adicionales, reconociendo que el mantenimiento por sí solo no genera fiabilidad, y requiere el compromiso de la alta dirección para poder implementarlos en toda la organización y a todos los niveles para que se hable el mismo idioma lo que conlleva que la implementación se tararía mucho tiempo.

### **7.2.1 Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**

A fin de hacer efectiva esta metodología fue necesario llevar a cabo las etapas descritas a continuación:

Elaboración del Análisis de Modos y Efectos de Falla: Con el objeto de sentar las bases para la realización del AMEF se fijó el nivel de detalle a utilizar, el equipo de trabajo se tomó la decisión de aplicar el AMEF al equipo empacadora Escorpión Criticidad B. Seguidamente se presentan los pasos llevados a cabo en esta etapa:

Se establecieron las funciones primarias y de los dispositivos de seguridad de los equipos. Se plantearon cuáles eran las fallas funcionales. El equipo de trabajo se encargó de recopilar y analizar esta información. Se definieron cuáles son los modos de falla, con el objeto de lograr un análisis efectivo se establecieron criterios para la escogencia de los modos de fallas, por lo que se estudiaron aquellos que se han presentado con anterioridad en el equipo, más exactamente las fallas presentadas por el mismo el año inmediatamente anterior.

Se procedió a describir los efectos de cada falla presentada en la tabla 14

**Tala 14. Análisis de Modo de falla y sus efectos**

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>		<b>EFECTO DE FALLA</b>
<b>No imprime</b>	1	Mala conexión	

			Producto sale sin fecha de caducidad
<b>Impresión borrosa</b>	2	Error en parametrización	Fecha de caducidad no legible
		Suciedad en los rodillos	
<b>El sellado no se realiza de manera óptima</b>	3	Ausencia de aire comprimido	No se presenta el cierre de los rodillos
		Falta de presión en rodillos	
		Falla en temperatura	No existe sellado en el empaque
		Controlador de temperatura no recibe señal	
<b>El sellado no se realiza de manera óptima</b>	4	Falla en temperatura	No existe sellado en el empaque
		Controlador de temperatura no recibe señal	
		No hay movimiento en la mordaza	Mordaza no se encuentra en posición para realizar respectivo selle
<b>Realiza el respectivo corte de manera deficiente</b>	5	Falta de presión en mordaza	Mordaza no se encuentra en posición para realizar respectivo selle
		Cuchilla defectuosa	Selle defectuoso

*Fuente: autores del proyecto*

Tabla 14 hace parte del AMEF aplicado para la empacadora Escorpión donde se evalúan los modos de falla y sus efectos

Luego de definir el modo de falla y profundizar sobre su efecto se procede a calcular la severidad, ocurrencia, detección y NPR (Número Prioritario de Riesgo)

$$\text{NPR} = \text{Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

500 – 1000 Alto riesgo de falla

125 – 499 Riesgo de falla medio

1 – 124 Riesgo de falla bajo

0 No existe riesgo de falla

**Tabla 15. Evaluación de la consecuencia**

MODO DE FALLA	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIA				TAREA PROPUESTA
	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR	
1.1.1	8	4	10	320	Limitar velocidades de operación
1.1.2	8	2	10	160	Capacitación de operación al personal

<b>2.1.1</b>	6	2		10	capacitación de operación al personal
<b>2.1.2</b>	6	7		10	Instalación de conexión a equipo mediante estabilizador
<b>3.1</b>	8	1	3	24	Mantenimiento preventivo de sistema de aire
<b>3.1.2</b>	8	3	8	192	Limitar velocidades de operación
<b>3.1.3</b>	8	5	3	120	Revisión de sensores y resistencias/ Verificación estado de conectores y conductores eléctricos
<b>3.1.4</b>	8	5	3	120	Mantenimiento preventivo en servomotor y reductor
<b>4.1.1</b>	8	1	1	8	Revisión de sensores y resistencias/ Verificación estado de conectores y conductores eléctricos
<b>4.1.2</b>	8	5	3	120	Instalación de conexión a equipo mediante estabilizador
<b>4.1.3</b>	8	5	3	120	Mantenimiento preventivo en servomotor y reductor
<b>5.1.1</b>	6	6	8	288	Limitar velocidades de operación y mantenimiento preventivo en componentes mecánicos

*Fuente: autores del proyecto*

La tabla 15 hace parte del Amef donde se evalúa la consecuencia y se proponen actividad que irán al plan de mantenimiento para evitar que se presente la falla nuevamente

Luego de hacer este cálculo podemos determinar que se tiene un riesgo de falla medio por lo cual se establecen unas tareas para reducir este riesgo

Por último, se utilizó el formato 5W+1H para establecer el procedimiento del cambio de las resistencias una de las actividades propuestas en el AMEF

5W + 1H es Plan de Acción: una forma de desarrollar un Plan de Acción consiste en analizar los problemas derivados de la Gestión, y percibir la necesidad de definir acciones, plazos, responsabilidades. Se llama 5 W porque son preguntas en ingles que empiezan por W (Where (donde) What (que hacer) who (quien hace la actividad) when (cuando se hace la actividad) Which (Con que repuesto o herramienta) y la H es How (como se realiza la actividad)

Tabla 16. Formato 5W +1H

ORGANIZACIÓN		Personal	Equipos	Línea	Realizado por:	Fecha:										
HARRERA DEL VALLE		Empaque	Empacadora Bobac Emplastor	1	ING. Esteban Lagos ING. Sergio Parraza ING. Jairo Castro	19 Octubre 2020										
Módulo de Máquina a la que aplica: 2																
<b>CAMBIO DE RESISTENCIAS HERRAJES</b>																
Where? <b>Dónde Ejecutar la Orden (cables, equipo o componente)?</b>		What? <b>Qué hacer?</b>		Who? <b>Quién hace la actividad?</b>	When? <b>Cuándo se hace la actividad?</b>	Which? <b>Con qué repuesto / Herramienta necesaria?</b>										
MÁQUINA	SISTEMA	EQUIPO T / O COMPONENTE CRÍTICO	INVENTARIO	MODOS DE FALLA	CAUSA DE FALLA	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	CATEGORÍA	CENTRO DE TRABAJO	FREQ. DE TRABAJO	CONDICION DE LINEA	H / H	CÓDIGO SAP	Refacción	Uso / Kg / L / etc	Herramienta	
Empacadora Eracopian Pacart	Salida transversal	Resistencia Mardosa	Código Sap 599434 RESISTENCIA TRANSVERSAL TIPO TUBULAR	Falla de temperatura	Falla de temperatura	Checklist preventivo Plano preventivo Plano predictivo	VERDADERO	Fabrica	Operario Emplastor	Operario Emplastor	Operario Emplastor	Operario Emplastor	Operario Emplastor	Operario Emplastor	Operario Emplastor	
<b>How? DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>																
1) Aplicar procedimiento LOTO de bloqueo de todas las fuentes de energía (eléctrica, mecánica)		2) Retirar de internet al equipo de la línea que se quiere que las mardosas no encuentren caliente		3) Retirar la mardosa superior y calzar la de la 4 tanillar al lado de 8mm que están la mardosa		4) Deshacer las 4 tanillar y retirar la que de la parte eléctrica dan daza en el marcap.		5) Desconectar las mardosas de la resistencia		6) Retirar la resistencia de la mardosa						
7) Instalar la resistencia nueva en la mardosa		8) Realice el montaje de la mardosa en el equipo, asegurando que las mardosas no encuentren caliente		9) Conecte la resistencia al motor y realice la prueba de funcionamiento		10) Conecte el equipo y realice prueba de corriente		Retire las bloqueos al azar, y vuelva el equipo a la normalidad, verifique errores, temperatura y funcionamiento.								

Fuente: autores del proyecto



Este procedimiento incluye todas las partes que se ven involucradas en el cambio de las resistencias de la empacadora, esto surgió del análisis de modo de falla que se realizó con el Amef, a continuación, se explica el formato por partes para que se pueda entender cómo se desarrolló el formato

<b>¿Where? ¿Dónde Ejecutar la Orden (activo, equipo o componente)?</b>			
<b>MÁQUINA</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>EQUIPO Y / O COMPONENTE CRÍTICO</b>	<b>INVENTARIO</b>
Empacadora Scorpion Record	Sellado transversal	Resistencias Mordazas	Código SAP 559436 RESISTENCIA TRANSVERSAL TIPO TUBULAR

<b>¿What? ¿Qué hacer?</b>					
<b>FUNCION DEL SISTEMA / EQUIPO (O COMPONENTE CRÍTICO)</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>	<b>ESTRATÉGIA MANTENIMIENTO</b>		
			Check list operacional	Planes preventivos	Planes predictivos
Las resistencias se calientan por medio de un voltaje que es enviado desde el controlador de temperatura a su vez por transferencia de calor las mordazas se calientan permitiendo el selle del empaque cuando hacen contacto con este	Falla de temperatura	Daño en la Resistencia	Verdadero	Verdadero	Falso

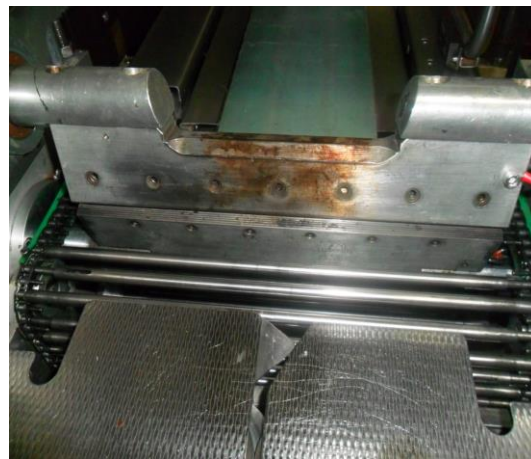
¿Who? ¿Quién hace la actividad?		¿When? ¿Cuándo se hace la actividad?			
CATEGORIA	CENTRO DE TRABAJO	FRECUENCIA	CONDICION DE LINEA		H / H
			PARADO	OPERANDO	
Mecánico Eléctrico	Mordazas	Semestral	Si	No	8
¿Which? ¿Con qué repuesto / Herramienta necesaria?					
<b>MATERIAL</b>					
CÓDIGO SAP	Refacción	(Uni / kg / L / etc)	Herramienta		
559436	RESISTENCIA TRANSVERSAL TIPO TUBULAR	2	Juego de llaves mixtas mm Llaves Allen Atornilladores de pala y estrella		

### Descripción de las actividades

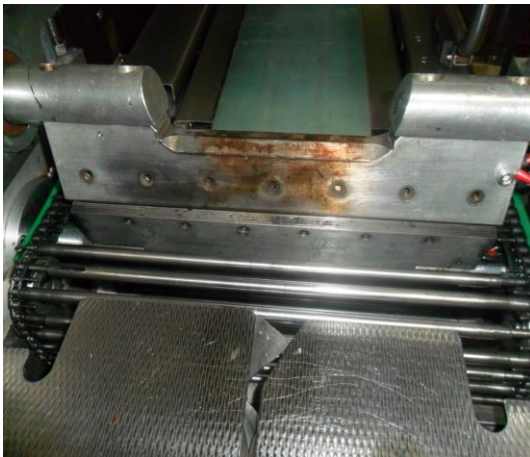
1) Aplicar procedimiento LOTO de bloqueo de todos las fuentes de energía (eléctrica, mecánica )



2) Antes de intervenir el equipo debe asegurarse que las mordazas no se encuentren calientes



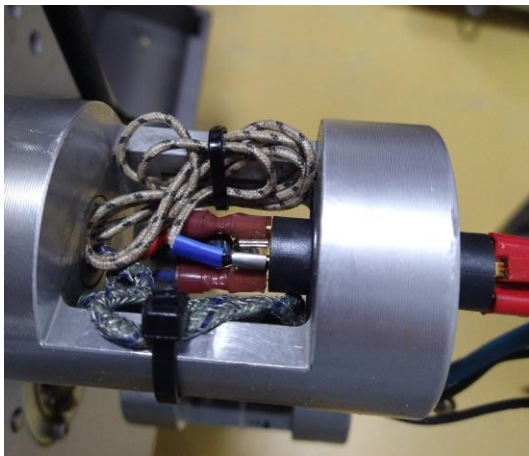
3) Retire la mordaza superior soltando los 4 tornillos allen de 8mm que sujetan la mordaza



4) Suelte los 4 tornillos y retire la guarda de parte eléctrica donde se encuentran los merco tap.



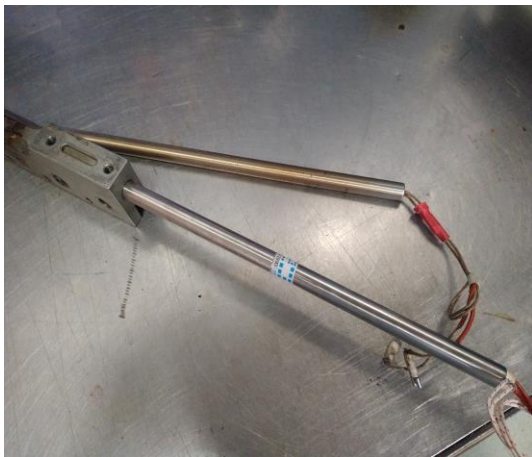
5) Desconecte los conectores de la resistencia



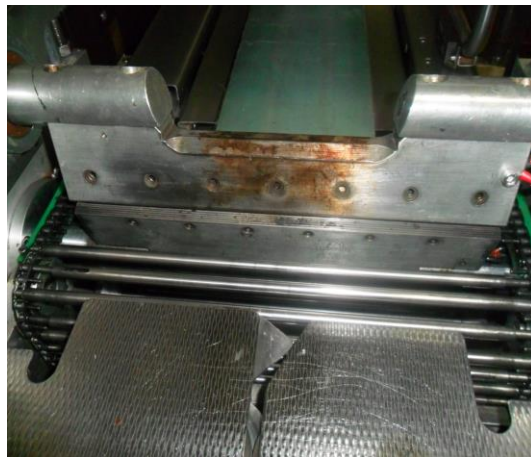
6) Retire la resistencia de la mordaza



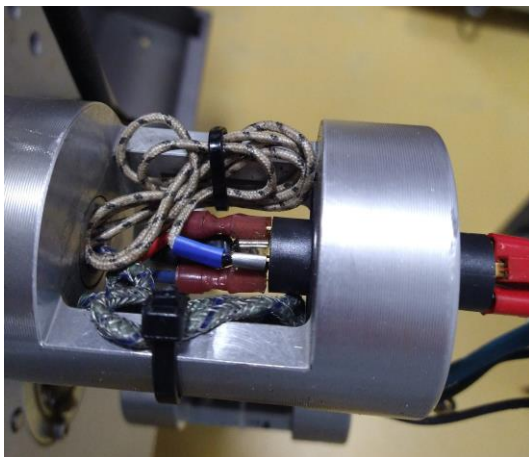
7) Instale la resistencia nueva en la mordaza



8) Realice el montaje de la mordaza en el equipo, asegure que las ranuras de las mordazas queden enfrentadas entre sí



9) Conecte la resistencia al meco tap e instale la Termocupla en la mordaza



10) Conecte el equipo y realice pruebas de sellado

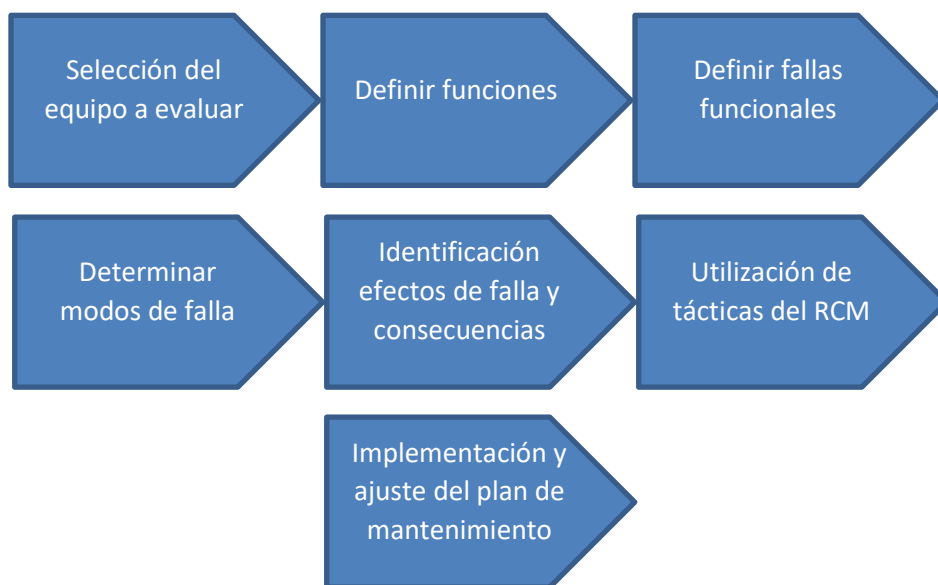


### 7.3 Propuesta de gestión de mantenimiento

Como cumplimiento a la propuesta de mantenimiento la cual consiste en aplicar los pasos del RCM y como base del TPM las 5'S

Se describen cada uno de los pasos que se requieren en la implementación análisis RCM

*Ilustración 12 pasos RCM*



- Selección de equipos (evaluar criticidad)
- Definir funciones.
- Identificar Fallas funcionales.
- Determinar modos de falla y efectos. (Aplicación del AMEF)
- Identificar equipos y sistemas con historial de poca confiabilidad.
- Implementación de técnicas del RCM

Desarrollar recomendación de tareas e incluirlas en el plan de Mantenimiento

La aplicación de los pasos del RCM se realizaron como ejemplo en la maquina empacadora escorpión.

### **7.3.1 Indicadores de Mantenimiento**

Con base a la tabla 7. Matriz Dofa, se generan una serie de estrategia las cuales permiten tener un plan de mejora o acción en cuanto a las debilidades, fortalezas y las oportunidades a la que se enfrenta la compañía, siendo presentadas en la matriz.

Como una herramienta de gestión es medir cómo va el rendimiento, la confiabilidad de los equipos y costo de mantenimiento, es fundamental llevar los indicadores de MTTR y MTBF adicional de calcular la relación del costo total de mantenimiento y el costo total de producción. La compañía debe contar con análisis de criticidad de los equipos de la planta, lo que permite definir acertadamente una gestión de mantenimiento más precisa en el momento de ejecutar un cronograma, como lo muestra la tabla 6.

Se presentan los modos de falla en cada uno de los equipos, como ejemplo tabla 12. La cual describe cada uno de los modos de falla que puede presentar la empacadora scorpion. Basado en esto se genera un análisis en cada uno de los modos de fallas presentando cada uno de los efectos que pueden obtener en el equipo y/o sistema. Siendo este resultado parte del formato AMEF el cual será entregado como base para cada una de las maquinas.

Partiendo de las premisas anteriores se genera el formato 5W+1H, tabla 16. El cual permite describir cada una de las tareas que se deben realizar en cuanto a una falla presentada en el sistema, brindando mayor claridad en cada una de las tareas y de esta manera obteniendo mejores tiempos de ejecución.

Como consiguiente a que los tiempos de parada no se reportan en el sistema de información SAP se propone presentar una planilla de control diario de operación, tabla 17. La cual debe ser diligenciada por el personal técnico y operativo en cada una de las actividades en la que se tenga que intervenir el equipo, formato el cual genera mayor control en cada una de las actividades permitiendo tener claridad en los indicadores de mantenimiento.

### **7.3.2 Costo de la propuesta de gestión de mantenimiento**

La tabla 20 se discrimina el valor total de la implementación, con el personal interno y externo requerido para cada una de las actividades propuestas como son el análisis de la información y mejor ejecución en cada una de las tareas de mantenimiento. El tiempo de implementación se tomará un tiempo de 3 a 6 meses desde el momento de su aprobación.

Dentro de la propuesta de la Metodología es necesario realizar un Pareto a los repuestos y hacer una evaluación de criticidad de los mismos para evaluar cuales deberían reposar en el almacén

Por último, pero no menos importante es implementar las 5's tanto en el taller de mantenimiento como en los puestos de trabajo de la planta para generar orden, aseo y organización en los entornos de trabajo.

Como no se tiene información acerca de los datos de parada del equipo ni la frecuencia de los mismos se propone el formato de la tabla 17 para recopilar esta información.

**Tabla 17. Planilla de control diario de operación**

CÓDIGO	Harinera del Valle planta Mama-ia				VERSIÓN	
	PLANILLA DE CONTROL DIARIO DE OPERACIÓN				2020	
Datos Generales	Fecha		Horómetros	Inicio Horómetro	Datos de Operación	Tiempo Disponible
	Codigo Sap	5000893		Final Horometro		Tiempo NO Disponible
	Nombre Activo	Empacadora Escorpion		Total		Cantidad Producida
Actividades de Mantenimiento	Mantenimiento Predictivo					Duración Predictivo
	Mantenimiento Preventivo					Duración Preventivo
	Mantenimiento Correctivo				Número de aviso Avería	Duración Correctivo
	Descripción de la Falla					

*Fuente: autores del proyecto*

Este formato se propone para registrar las averías y su duración ya que a pesar que en la planta se cuenta con el Sistema SAP no quedan registradas la duración de dichas averías, con esta planilla se busca que cada vez que ocurra una avería sea reportado y registrar la duración. Este formato está dividido en dos donde la primera será diligenciada por parte de los supervisores de producción.

Se diligencia los datos generales del equipo los horómetro en el caso que aplique, los datos de producción y el tiempo en que no esté disponible el equipo por la falla o la reparación.



La segunda parte es diligenciada por los técnicos donde registran que tipo de mantenimiento se aplica según su diagnóstico de la falla y la duración del mismo con su respectivo aviso de avería en SAP y finalmente se reporta cual es la descripción de la falla y su intervención en el equipo.

Además, esto servirá para poder formular los indicadores de tiempo medio entre fallas y tiempo medio entre reparaciones.

## **8. Resultados alcanzados y esperados**

### **8.1 Resultados alcanzados**

- Auditoria de mantenimiento, se establece el diagnóstico de los componentes a mejorar en la situación actual.
- Matriz de criticidad, con la ejecución de la matriz se logra identificar los equipos con mayor afectación en el proceso, acertando con el equipo operativo de la línea de brownie de la planta mama-ia
- Formato Amef para empacadora Escorpión, permite un mejor análisis de la maquina ofreciendo al equipo operativo de la línea de brownie de la planta mama-ia una mayor visión en la ejecución de cada una de las tareas, este formato brinda un análisis profundo del equipo y los sistemas con mayor riesgo y como oprimirlos.
- Aplicación de la matriz Dofa, comprende de mejor manera las posibles fallas que se pueden tener el proceso con la implementación de la metodología, bien sea en el proceso

de ejecución y con el personal operativo abarcando de esta manera una mejor respuesta y solución en cada uno de los procesos.

- Instructivo de actividad mantenimiento a través del formato 5W+1H, genera mayor claridad de la máquina y como ejecutar de manera visual cada uno de los procesos lo cual es más objetivo en el momento de realizar cada mantenimiento evitando así fallos en el proceso y mayores tiempos de ejecución.
- Plantilla de control diario de operación, con este formato se busca registrar toda la información de tiempo de paradas y frecuencias de las mismas que nos permitan tener información veraz y concreta que se pueda usar para la generación de indicadores.

## **8.2 Resultados esperados**

Implementar la propuesta y continuar con la metodología en los equipos críticos elaborando las tareas de mantenimiento, con esto se espera aumentar la producción y por ende la disponibilidad y confiabilidad del equipo y a reducir costos en reparaciones no programadas.

Actualmente los procesos cuentan baja efectividad, desperdicios de material por fallas de operación afectando de esta manera la calidad del producto y tiempos de entrega.

Ahorrar tiempo y dinero se determina como el activo más valioso, por tal motivo con la implementación de la propuesta descrita se obtendrán una serie de beneficios;

La ejecución acertada de un trabajo bajo una guía de ejecución, con un análisis basado en un historial, es fácil detectar costos potenciales por averías y de esta manera se determina la gravedad en cada uno de los escenarios para su posterior ataque a cada uno de estos.

- Gracias a la adecuada gestión y detección de fallas se logra tener un mejor orden y uso óptimo de los repuestos en stock, reduciendo así el almacenamiento de los mismos y obteniendo reducción en los costos de almacenamiento.
- Con la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento se evidencia ahorros de energía en planta, ya que la operación forzada de los equipos aumenta su consumo energético, como también se logra cuantificar estas pérdidas en recursos hídricos e hidráulicos, aire comprimido etc. Permitiendo una minimización profunda en estas.
- Un control anticipado de los equipos evita daños posteriores evitando contratación de terceros.
- Se brinda a la compañía mejor confiabilidad en la operación de los equipos, teniendo mayor eficiencia en tiempo muertos basados en indicadores de producción.
- Se ofrece mayor calidad en producto final, evitando de esta manera reprocesos y pérdidas de materias primas en producción.

## **9. Análisis Financiero**

En el siguiente presupuesto se evidencia los respectivos costos iniciales que presentaría la compañía en la implementación de la mencionada metodología de mantenimiento para su respectivo cumplimiento.

Los Ingenieros Jein Castro y Lillers Leyton se encargaron de la recolección de información y así mismo generar un plan basado en los diferentes análisis para dar paso a su efectiva ejecución. Dichos servicios tienen un costo por consultoría de \$10.000.000.

### **Asociados a recolección de la información**

Partiendo de que la compañía no cuenta con información clara de las intervenciones de mantenimiento que han sido realizadas, se debe proceder a un análisis de información para la recolección de datos basado en diagnósticos al personal operativo, de las fallas correctivas que fueron ejecutadas para así mismo identificar sus respectivos costos de tal manera los Ingeniero mencionados anteriormente, son los encargados de dicho análisis.

### **Inversión basada en implementación de metodología.**

El proyecto es realizado con diferentes rutas de ejecución las cuales son ejecutadas por personal de producción y mantenimiento para un total de un colaborador; el sueldo promedio del personal oscila entre \$ 1.400.000 laborando 240 horas mensuales.

Los servicios que prestara el personal consta de diagnósticos de producción, mantenimiento y creación de formatos 5W+1H inicialmente. Por tal motivo cada colaborador prestara 3 horas diarias fuera de servicio durante un periodo de 3 meses para un total de 72 tareas ejecutadas; Se evidencia los respectivos costos en la siguiente tabla.

**Tabla 18. Inversión basada colaboradores internos**

<b>COSTO MOD</b>	<b>\$</b>	<b>2.938.103,00</b>
Auxilio de transporte	\$	106.454
Salario minimo	\$	1.400.000
<b>Valor Hora Diurna</b>	<b>\$</b>	<b>5.833</b>
Horas extras (72)	\$	525.000
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>1.925.000</b>
<b>Seguridad Social</b>		
Pension	12%	\$ 231.000,00
Salud	8,5%	\$ 163.625,00
ARL (Nivel de riesgo III)	2,44%	\$ 46.893,00
<b>Total</b>		<b>\$ 441.518,00</b>
<b>Parafiscales</b>		
Caja de compensacion	4%	\$ 77.000
ICBF	3%	\$ 57.750
SENA	2%	\$ 38.500
<b>Total</b>		<b>\$ 173.250</b>
<b>Prestaciones sociales</b>		
Cesantias	8,33%	\$ 160.353
Primas	8,33%	\$ 160.353
Vacaciones	4,17%	\$ 58.380
Intereses de Cesantias	1%	\$ 19.250
<b>Total</b>		<b>\$ 398.335</b>

*Fuente. Autores del proyecto*

Se presenta el costo del colaborador, los cuales son de gran importancia en el desarrollo del proyecto. En este caso se requiere una persona la cual genera el siguiente costo a la empresa;

**Costo del empleado: \$ 2.152.724**

**Costo empleado con recargo extra: \$ 2.938.103**

**Costo adicional por cada empleado: \$ 785.379**

**Costo total por dos empleados con ejecución de tareas durante 3 meses: \$ 2.356.137**

Inicialmente se debe verificar el estado de los equipos principales de operación como lo son compresores, subestación eléctrica, cometidas principales a tableros de distribución buscando garantizar un buen funcionamiento a puntos de operación, por consiguiente, se realiza contratación a terceros para ejercer efectivamente.

**Tabla 19. Inversión basada en colaboradores externos**

<b>COSTO MOD</b>	<b>\$</b>	<b>2.465.740,93</b>
Auxilio de transporte	\$	106.454
Salario minimo	\$	1.500.000
<b>Valor Hora Diurna</b>	<b>\$</b>	<b>6.250</b>
Horas extras (72)		
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>1.606.454</b>
<b>Seguridad Social</b>		
Pension	12%	\$ 192.774,48
Salud	8,5%	\$ 136.548,59
ARL (Nivel de riesgo III)	2,44%	\$ 39.133,22
<b>Total</b>		<b>\$ 368.456,29</b>
<b>Parafiscales</b>		
Caja de compensacion	4%	\$ 64.258
ICBF	3%	\$ 48.194
SENA	2%	\$ 32.129
<b>Total</b>		<b>\$ 144.581</b>
<b>Prestaciones sociales</b>		
Cesantias	8,33%	\$ 133.818
Primas	8,33%	\$ 133.818
Vacaciones	4,17%	\$ 62.550
Intereses de Cesantias	1%	\$ 16.065
<b>Total</b>		<b>\$ 346.250</b>

*Fuente. Autores del proyecto*

Adicionalmente el departamento de mantenimiento prestara un mayor servicio, como son el cumplimiento de mantenimientos preventivos y predictivos, basado en esto se debe contar con

disposición de personal para tales cumplimientos lo cual se decide contratar un técnico de mantenimiento industrial por un periodo de prueba de 3 meses.

**Técnicos de mantenimiento: 1**

**Horas laborales semanales: 48**

**Salario básico mensual: \$ 1.500.000**

**Costo mano de obra técnico de mantenimiento: \$ 2.465.740**

**Total, salario periodo de tres meses técnico de mantenimiento: \$ 7.397.222**

En la tabla 16 se puede observar el costo total de la implementación del proyecto discriminado den costos de mano de obra costo de capacitación y por ultimo costo de consultoría

**Tabla 20. Costo total**

<b>Costo de insumos papelería</b>	<b>500.000</b>
<b>Mano de obra personal interno (2 personas)</b>	<b>\$ 9.753.359</b>
<b>Costo de capacitación en su totalidad</b>	<b>\$ 2.000.000</b>
<b>Costo de consultoría metodología de mantenimiento</b>	<b>\$ 10.000.000</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 22.253.359</b>

*Fuente. Autores del proyecto*

## **10. Conclusiones y recomendaciones**

### **10.1 Conclusiones**

Con la aplicación de la Matriz de Criticidad ABC, se clasificaron con Criticidad A, a los siguientes equipos: Sistema de ventilación mecánica y la batidora Hobart; sin embargo, se constituyen los equipos críticos los hornos por el número de averías y su incidencia en el proceso productivo.

Con el desarrollo de este trabajo se obtuvo una herramienta para seleccionar de manera objetiva la filosofía de mantenimiento que más se adapta a una organización

Se diseñó un plan de mantenimiento para la empacadora Escorpión, basado en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, y la aplicación de Amef el cual consta de 12 tareas de mantenimiento y un instructivo para el cambio de la resistencia aplicando el formato 5W+1H

Tal como se requiere en el mantenimiento de cuarta generación, se plantearon indicadores asociados al estudio a fin de medir y evaluar la gestión propuesta en este trabajo.

A partir de la matriz Dofa se determinaron las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas del departamento de mantenimiento de la planta, para luego determinar estrategias de mejora.

El modelo propuesto consigue alinear los objetivos del departamento de mantenimiento con los objetivos globales de la organización en un marco de mejora continua.



## 10.2 Recomendaciones

Aplicar el plan de mantenimiento propuesto en el presente trabajo a los equipos críticos

Se recomienda cambiar el quemador de horno Weston ya que está al final de su vida útil por lo cual genera demasiadas averías y no es un equipo confiable.

Se recomienda implementar como base del TPM las 5's para facilitar el trabajo en los puestos y generar la cultura de la organización y el orden

Para medir y evaluar los resultados de la gestión de mantenimiento correctamente debe realizarse un registro cuidadoso de los datos que requieren para generar los indicadores y añadir nuevos patrones de medida de ser necesario.

Para mejorar la gestión documental de mantenimiento se debe llevar el registro sobre toda la información del mantenimiento en las hojas de vida de los equipos, información sobre los indicadores del área y si se encuentra alguna desviación realizar las correcciones necesarias que ayuden a tener buen comportamiento de dichos indicadores.

Se debe realizar un análisis de criticidad de los repuestos para optimizar los costos de los mismos y garantizar su disponibilidad en el almacén.

## 11. Bibliografía

- Brito, C. J. (2014). Optimización de inventarios de partes y repuestos para el mantenimiento .  
*Predictiva 21*, 44-49.
- ACIEM. (2018). *Glosario Términos de Mantenimiento*. Cundinamarca: ACIEM.
- Carrasco, J. C. (2014). *Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas del conocimiento*. Valencia España: omnisciente.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y Gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de los santos.
- Hobart. (01 de 09 de 2020). *Hobart*. Obtenido de <https://hobartandina.com/etiqueta-producto/batidoras-hobart/>
- Industry, D. (01 de 09 de 2020). *Direct Industry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/comas-spa/product-68389-526191.html>
- Infraspeak. (03 de 09 de 2020). *Infraspeak*. Obtenido de <https://blog.infraspeak.com/es/tipos-de-mantenimiento/>
- Kadell. (01 de 09 de 2020). *Kadell*. Obtenido de <https://www.kadell.com/portafolio/panaderia/1/hornos-rotatorios-de-carro-extraible/14>
- León, F. C. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. España: Ediciones de la Universidad de Murcia.
- MACHINERY, R. P. (01 de 09 de 2020). *RECORD PACKGING MACHINERY*. Obtenido de <http://www.record.it/packaging-machines-and-equipments/horizontal-flow-pack-machine-hffs/scorpion-top-seal-en-gb/>
- Trashorras, J. M. (2006). *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios*. España: Thomson Learning.

Vázquez, T. S. (2014). *lo secreto del mantenimiento industrial*. Bloomington, Estados Unidos: palibrio .

Vivas, J. S. (23 de agosto de 2020). *Mantenimiento y Activos*. págs. 1-10.

Arias, L., & Andrés, E. (2009). *El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación*.

<http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7276>

Cerquera Valderrama, C. J., & Barrantes Malagón, J. A. (2016). *Gestión de activos enfocado hacia la confiabilidad o determinación del TPEF (tiempo promedio entre fallas en equipos y/o sistemas)*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/305>

Cuan Pérez, C. R., Jurado Vega, O., & Ramírez Verano, C. E. (2018). *Optimización del plan de mantenimiento de las instalaciones en la planta del cuidado del hogar de la compañía BRINSA S. A. en el municipio de Cajicá a través de la gestión del riesgo*.

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22404>

E, F., & H, B. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad Caso: Línea seis de PepsiCo Alimentos C.A.* [Thesis].

<http://saber.ucv.ve/handle/123456789/16893>

Ferreira Barreto, A., & Mora Montiel, C. A. (2011). *Desarrollo de un modelo de gestión integral de mantenimiento de activos, a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011 con énfasis en indicadores*. <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062302.pdf>.

<https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/3287>

Figueroa Hernández, L. A., Solórzano Landa verde, R. G., & Dahbura Ramos, L. E. (2017). *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en 5s en una empresa panificadora salvadoreña*. <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/1347>

Galván Romero, D. (2012). *Análisis de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el modelo de opciones reales*. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000703157](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000703157)

Galvis Bulla, C. L., & Ñustes Nemocon, E. L. (2014). *Propuesta para la optimización de los procesos de fabricación en la pastelería Romalleno*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/259>

García Raya, R. M. (2016). *Mantenimiento productivo total (TPM) aplicado a una máquina formadora de camisas exotérmicas*. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000745201](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000745201)

Grau Nogués, J. (2017). *Estudio de plan de mantenimiento de industria alimentaria*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/88216>

Guevara, P., & José, A. (2012). *Aplicación de la metodología rcm para el desarrollo del plan de mantenimiento del sistema de llenado automático de botellas de glp*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20784>

Maya Velásquez, J. A. (2019). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64727>

Muñoz Carrillo, A. M., & Rojas Rincón, R. S. (2014). *Generación de procedimiento en relación con las etapas de operación y mantenimiento desde la gestión de activos para la*

*prevención de paradas en una línea de fabricación de donuts.*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/201>

Rocha Maecha, J. A. (2017). *Implementación del programa TPM - HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase Sachet de la Empresa Henkel colombiana S.A.S – Planta Bogotá.* <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6161>

Tamayo Gómez, Á. F., & Fagua, A. A. (2016). *Diseño del sistema de gestión de procesos y operaciones para la administración del mantenimiento industrial en Helados Popsy.* *instname: Universidad Sergio Arboleda.*

<http://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/872>