



**EDUCACIÓN**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

# Tecnológico Nacional de México

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE  
GUASAVE

## Tesis de Licenciatura

OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LOS  
PROCESOS DE RECEPCIÓN Y DESCABECE DE  
CAMARÓN DE UNA EMPRESA CONGELADORA EN LA  
CIUDAD DE LOS MOCHIS.

presentada por:

**César Fernando Sánchez Guerrero**

como requisito para la obtención del grado de

**Ingeniero Mecánico**

Director de tesis

**Dr. Juan Héctor Alzate Espinoza**

Codirector de tesis

**M.C. Raúl Loredó Medina**

Guasave, Sinaloa, México. Diciembre de 2024.



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

### **A mi Madre, Hermanas, Abuela, y tíos (Francisco, Araceli, César)**

Por ser las personas más importantes en mi vida las cuales siempre han estado presentes para apoyarme en cada momento bueno y mala de mi vida.

### **Al Dr. Héctor Alzate**

Por ser mi mentor durante mi estadía en el Instituto Tecnológico Superior De Guasave.

## RESUMEN

En la empresa Planta de Procesos GM S.A. de C.V., específicamente la Planta Gran Mar realiza un mantenimiento un poco inconveniente, debido a que solo se ejecuta cuando las reparaciones o cambios son inminentes también comúnmente conocido como mantenimiento correctivo, de tal motivo que afecta directamente a la maquinaria y equipos, por lo que a través de un diagnóstico del estado actual de los elementos de las áreas de recepción y descabece se optó por el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, Teniendo como objetivo reducir el tiempo de ejecución del mantenimiento y prologar la vida útil de los equipos y maquinarias presentes en las áreas de interés, tomando en cuenta la anterior forma de hacer las reparaciones de los equipos se determinó que tendría que cambiar a una forma sistemática y ordenada, priorizando a los equipos y maquinaria de mayor uso, presentado así nuevos formatos, técnicas, además de establecer un cronograma de actividades para la realización de cada una de las actividades de mantenimiento, el cual se hizo con base en las necesidades detectadas convirtiéndose en áreas de oportunidad para el diseño del plan de mantenimiento preventivo. En relación con esto se obtuvo como resultado final de un plan de mantenimiento preventivo que cumple con el objetivo principal de eficientizar la vida útil de los equipos en esas áreas.

**Palabras claves:** Mantenimiento, Diagnostico, Preventivo, Eficientizar.

## **ABSTRACT**

In the company Planta de Procesos GM S.A. de C.V., specifically the Gran Mar Plant performs a maintenance a little inconvenient, because it is only executed when repairs or changes are imminent also commonly known as corrective maintenance, for such reason that directly affects the machinery and equipment, so through a diagnosis of the current state of the elements of the areas of reception and descabece opted for the design of a preventive maintenance plan, aiming to reduce the execution time of maintenance and prolong the life of equipment and machinery present in the areas of interest, Taking into account the previous way of repairing the equipment, it was determined that it would have to change to a systematic and orderly way, prioritizing the equipment and machinery of greater use, thus presenting new formats, techniques, in addition to establishing a schedule of activities for the execution of each of the maintenance activities, which was done based on the needs detected, becoming areas of opportunity for the design of the preventive maintenance plan. The final result was a preventive maintenance plan that fulfills the main objective of making the useful life of the equipment in those areas more efficient.

**Keywords:** Maintenance, Diagnostic, Preventive, Efficiency.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                                                                                                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                                                                                                                             | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                                                                                             | viii |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                                  | 9    |
| CAPITULO I. MARCO INTRODUCTORIO .....                                                                                                                              | 11   |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                                                                                                                                | 11   |
| 1.2 Justificación.....                                                                                                                                             | 12   |
| 1.3 Hipótesis .....                                                                                                                                                | 13   |
| 1.4 Objetivos.....                                                                                                                                                 | 14   |
| 1.4.1 Objetivo general.....                                                                                                                                        | 14   |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                                                                                                                                   | 14   |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....                                                                                                                                   | 15   |
| 2.1 Mantenimiento: Historia y evolución.....                                                                                                                       | 15   |
| 2.1.1 Primera generación: Mantenimiento correctivo.....                                                                                                            | 16   |
| 2.1.2 Segunda etapa: Mantenimiento preventivo.....                                                                                                                 | 16   |
| 2.1.3 Década de 1960: Mantenimiento predictivo .....                                                                                                               | 17   |
| 2.1.4 Década de 1970-1980: Mantenimiento Productivo Total (TPM).....                                                                                               | 18   |
| 2.1.5 Década de 1980: Mantenimiento RCM .....                                                                                                                      | 19   |
| 2.1.6 Actualidad: Importancia de la tecnología en el manteamiento industrial .....                                                                                 | 20   |
| 2.2 Conceptos básicos de manteamiento.....                                                                                                                         | 21   |
| 2.3 Tipos de manteamiento.....                                                                                                                                     | 25   |
| 2.3.1 Mantenimiento preventivo.....                                                                                                                                | 27   |
| 3.2.2 Mantenimiento correctivo .....                                                                                                                               | 28   |
| 2.3.3 Mantenimiento predictivo o mantenimiento previsional .....                                                                                                   | 29   |
| 2.3.4 Mantenimiento adaptativo.....                                                                                                                                | 29   |
| 2.3.5 Mantenimiento evolutivo o mejora del mantenimiento .....                                                                                                     | 29   |
| 2.4 Mantenimiento preventivo.....                                                                                                                                  | 30   |
| 2.4.1 Características del mantenimiento preventivo.....                                                                                                            | 30   |
| 2.4.2 Objetivos del mantenimiento preventivo .....                                                                                                                 | 31   |
| 2.4.3 Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.....                                                                                                     | 31   |
| 2.5 Modelos y metodologías del mantenimiento preventivo: como el modelo RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) y TPM (Mantenimiento productivo total) ..... | 32   |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 2.5.1 RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad)..... | 33 |
| 2.5.2 TPM (Mantenimiento productivo total) .....         | 33 |
| 2.5.3 Los 8 pilares del TPM .....                        | 34 |
| 2.6 Técnicas de análisis de riesgo (AMEF).....           | 36 |
| 2.6.1 ¿Qué es el método AMEF? .....                      | 37 |
| 2.7 Planificación y programación de mantenimiento .....  | 38 |
| 2.7.1 Tipos de planes en las organizaciones .....        | 39 |
| 2.6.2. Planeamiento del mantenimiento.....               | 40 |
| 2.7.3 Programación del mantenimiento.....                | 45 |
| CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO .....                   | 49 |
| 3.1 Desarrollo de la metodología .....                   | 49 |
| 3.1.1 Compresión y Compromiso de la Dirección .....      | 49 |
| 3.1.2 Formación y Entrenamiento .....                    | 49 |
| 3.1.3 Formación de Equipos de TPM.....                   | 50 |
| 3.1.4 Evaluación del estado actual .....                 | 50 |
| 3.1.5 Establecimiento de pilares TPM .....               | 51 |
| 3.1.6 Formación y Desarrollo del personal .....          | 51 |
| 3.2 Desarrollo de formatos .....                         | 52 |
| CAPITULO IV. RESULTADOS .....                            | 57 |
| CONCLUSIONES.....                                        | 64 |
| RECOMENDACIONES .....                                    | 66 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                       | 67 |
| ANEXOS .....                                             | 69 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 1. Gastos generados por las reparaciones en el periodo Septiembre-Diciembre (2022) en las áreas de recepción y descabece.....</b> | <b>58</b> |
| <b>Tabla 2. Gastos generados por las reparaciones en el periodo Septiembre-Diciembre (2023) en las áreas de recepción y descabece.....</b> | <b>58</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1: Organigrama de mantenimiento.....</b>                                                                                                   | <b>27</b> |
| <b>Figura 2: Planificación de mantenimiento.....</b>                                                                                                 | <b>44</b> |
| <b>Figura 3: Formato de orden de trabajo.....</b>                                                                                                    | <b>53</b> |
| <b>Figura 4: Check-list de banda transportadora.....</b>                                                                                             | <b>54</b> |
| <b>Figura 5: Check-list de tina de llenado.....</b>                                                                                                  | <b>55</b> |
| <b>Figura 6: Check-list de sistema de refrigeración.....</b>                                                                                         | <b>56</b> |
| <b>Figura 7. Capacitación al personal de mantenimiento para el nuevo plan de<br/>mantenimiento. ....</b>                                             | <b>60</b> |
| <b>Figura 8: realización del proceso de descabece por una trabajadoras del área de<br/>descabece. ....</b>                                           | <b>61</b> |
| <b>Figura 9: Monitoreo de las maquinas presentes en el área de descabece por uno de los<br/>trabajadores del departamento de mantenimiento. ....</b> | <b>62</b> |
| <b>Figura 10: Una pequeña parte del cronograma de actividades de mantenimiento.....</b>                                                              | <b>62</b> |

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, es de suma importancia que las empresas que poseen maquinaria o equipos indispensables para su producción y funcionamiento cuenten con un plan de mantenimiento, el cual es el encargado de mejorar la disponibilidad de los equipos, evitando o minimizando las averías y fallos de estos. Las empresas e instituciones de cualquier rubro realizan mantenimiento sus equipos, por lo que un plan de mantenimiento preventivo tiene como propósito el optimizar la ejecución de las tareas de mantenimiento.

La empresa PLANTA DE PROCESOS GM S.A. de C.V. lo sabe, por lo que ha decidido diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de recepción y descabece, debido a que anteriormente las reparaciones de los equipos y maquinaria solo se realizaba siempre y cuando la avería o fallo impidieran el funcionamiento de la producción.

Por lo que al optar por un plan de mantenimiento preventivo brinda una mayor disponibilidad para nuevos criterios indispensables para la realización del nuevo plan de mantenimiento.

En el desarrollo de este documento se establecieron cuatro capítulos, los cuales son:

Capítulo I. Marco Introductorio, en el cual se plasma la importancia, diseño y el impacto que tendrá el proyecto.

Capítulo II. Marco Teórico, trata sobre todo lo relacionado con los antecedentes y conceptos de mantenimiento.

Capítulo III. Marco Metodológico, aborda el desarrollo físico del proyecto, así como la realización de análisis.

Capítulo IV. Resultados, como el mismo nombre del capítulo lo indica, solo se plasman los resultados y las diferentes formas en las que fueron evaluados cada uno de los criterios establecidos.

También cuenta con un apartado de conclusiones donde se mencionan las deducciones finales del proyecto. Además de las recomendaciones que se hacen para mejorar o modificar los aspectos y criterios de funcionalidad de los instrumentos realizados.

## **CAPITULO I. MARCO INTRODUCTORIO**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Las empresas actualmente preocupadas por el eficientizar costos buscan detectar áreas de oportunidades que ayuden a generar mejoras en el desempeño de las actividades realizadas por los trabajadores y la maquinaria a su disposición. Es por eso que la empresa Planta de Procesos GM S.A. de C.V., específicamente la Planta Gran Mar ubicada en los Mochis, Sinaloa, ha detectado eficazmente el cambiar el tipo de mantenimiento que se realiza siendo este un mantenimiento correctivo únicamente, por el diseño de un plan de mantenimiento preventivo estructurado específicamente para las áreas consideradas de mayor importancia las cuales son recepción y descabece. Además, siendo estas las áreas que han presentan mayores averías y fallos al momento de entrar en labor, debido a que las áreas mencionadas son primordiales para realizar la producción de la planta, se optó para que el plan de mantenimiento solo sea para estas dos áreas.

## **1.2 Justificación**

En la industria un plan de mantenimiento es esencial para asegurar que los equipos o sistemas de operación de una empresa o institución funcionan de manera confiable y segura. Es por que la implementación de un plan de mantenimiento sistemático puede reducir la cantidad de tiempo de inactividad no planificada, e incluso minimizar los costos de reparación y reemplazo, aumentar la vida útil de los activos y mejorar la seguridad en el lugar de trabajo.

En primer lugar, el mantenimiento preventivo permite detectar y solucionar problemas en los equipos antes de que se conviertan en problemas mayores, de esta manera se pueden evitar interrupciones de producción no planificadas en los servicios ofrecidos por la empresa lo que resulta en una mayor eficiencia y productividad.

En segundo lugar, un plan de mantenimiento puede reducir los costos de reparación en las áreas de recepción y descabece, cuando los equipos se mantienen de manera regular y sistemática, se pueden detectar problema antes de que se conviertan en problemas mayores, lo que significa que las reparaciones pueden ser más simples y menos costosas. También es más probable que los equipos funcionen de manera eficiente lo que puede resultar en ahorro energía y costos de mantenimiento reducidos.

Por último, un plan de mantenimiento puede mejorar la seguridad en el lugar de trabajo debido a que las áreas mencionadas son las que tiene a su disposición un mayor número de trabajadores. Los equipos que no se mantienen adecuadamente puedan representar un riesgo para la seguridad de los empleados. El mantenimiento regular puede ayudar a identificar y solucionar problemas de seguridad antes de que se conviertan en riesgos graves los cuales pudieran ocasionar daños a la salud y/o al desempeño de los trabajadores.

### **1.3 Hipótesis**

La implementación exitosa de la metodología de mantenimiento productivo total ayudara a mejorar la efectividad de los equipos de las áreas de recepción y descabece, incrementando la eficiencia general, reflejando mejoras en la eficiencia operativa y la sustentabilidad, resultando en beneficio económicos y en ambientes sostenibles para la empresa Planta de procesos GM, S. A. de C.V, en la Planta Gran Mar.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Aplicar la metodología de mantenimiento productivo total para mejorar la efectividad de los equipos de las áreas de recepción y descabece de la empresa Planta de procesos GM, S. A. de C.V.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Diagnosticar el estado actual de la empresa basado en los nueve pilares del mantenimiento productivo total.
- Diseñar un cronograma de actividades a realizar basado en el diagnóstico inicial de los nueve pilares del mantenimiento productivo total.
- Implementar metodología TPM, capacitando al personal del área de servicio.
- Diseñar los formatos y herramientas que se generaron a partir de diagnóstico inicial, permitiendo dar solución a los problemas que se presenta la empresa.
- Analizar los resultados a través de indicadores, gráficas y tablas.
- Presentar un análisis de costo-beneficio de la empresa.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Mantenimiento: Historia y evolución**

Tomando como referencia uno de los manuales más completos del sector que existen; Organización y gestión integral de mantenimiento de Santiago García Garrido, 2014. Estas son las etapas por las que ha ido pasando el mantenimiento a lo largo de los años.

El Mantenimiento nace durante la primera revolución Industrial, periodo que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII en Gran Bretaña, unas décadas después se extendió a gran parte de Europa occidental y América Anglosajona y finalmente concluyó entre 1820 y 1840. En los inicios eran los propios operarios quienes realizaban este tipo de tareas de mantenimiento, no había personal dedicado única y exclusivamente a esta actividad. Con la aparición de maquinaria más compleja se vio la necesidad de crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de las fábricas.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1936-1945) aparece concepto de fiabilidad que se define como la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo; condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión, nivel de vibraciones, etc.) Esto supone que el departamento de mantenimiento no solo va a realizar correctivos, también preventivos.

Desde la revolución industrial hasta la actualidad, la evolución del mantenimiento ha estado vinculada con la historia del progreso técnico y cultural.

En sus comienzos, fue algo que se miraba de reojo, pero con el tiempo ha ganado relevancia hasta convertirse en una tarea fundamental para la productividad de cualquier empresa.

Hoy en día, el impacto de una adecuada gestión de los activos, aplicando metodologías y Software de Mantenimiento profesionales es vital para competir en cualquier ámbito industrial. Pero no siempre fue así.

### **2.1.1 Primera generación: Mantenimiento correctivo**

La idea de realizar mantenimiento a las máquinas surgió cuando la sociedad entendió su importancia económica. Fue con la Revolución Industrial que esto ocurrió, a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. Antes, no había máquinas industriales que necesitaran ser preservadas (Sacristán, 2014).

Esta primera etapa en la evolución del mantenimiento se limitaba a la reparación de maquinaria tras una falla o avería. Un tipo de mantenimiento llamado correctivo o reactivo, que obligaba a paralizar la máquina afectada y, en consecuencia, la producción (Sacristán, 2014).

En ese entonces, se trataba de reparaciones que podían hacerse con instrumentación y sistemas de control básicos. No era muy complejo descubrir dónde estaba la falla, ya que los componentes eran visibles y robustos (Sacristán, 2014).

Las preocupaciones por las fallas o averías ocurrían junto con la falla misma, y entonces ya no había nada que hacer. No existían planes de rutina, por lo que la estrategia se resumía en reparar los motores, válvulas y otros componentes cuando no había más remedio (Sacristán, 2014).

### **2.1.2 Segunda etapa: Mantenimiento preventivo**

Para mediados del siglo XX, las máquinas utilizadas en procesos industriales conformaban una cadena productiva compleja. La producción a gran escala y el formato de línea de producción había intensificado el trabajo de las máquinas y el rendimiento dependía cada vez más de su buen funcionamiento (Sacristán, 2014).

La idea de competitividad, reducción de costos y productividad aportada inicialmente por la industria automotriz había elevado la importancia de los activos, algo decisivo en la evolución del mantenimiento. La falla de un elemento en la cadena productiva significaba una demora inaceptable que podía acarrear pérdidas masivas a una empresa. Esto se terminó de potenciar durante la Segunda Guerra Mundial (Sacristán, 2014).

La maquinaria pasó a ser el elemento clave para la producción de herramientas, armas, equipos y vehículos militares. Así, comenzaron los primeros programas organizados de mantenimiento preventivo. Esta etapa en la historia del mantenimiento se enfoca en preservar la vida útil de los equipos, particularmente de los activos militares, cuyo mantenimiento correctivo significaba que no podían operarse durante las reparaciones (Sacristán, 2014).

Era necesario evitar la falla temprana minimizando impactos y costos, y así disponer durante el mayor tiempo posible de los aviones, barcos y tanques para ir a la batalla.

Los planes de mantenimiento preventivo consistían en:

- Realizar inspecciones rutinarias.
- Detección y monitoreo sistemático de fallas.
- Cambio de algunos componentes en atención al número de horas de funcionamiento.

### **2.1.3 Década de 1960: Mantenimiento predictivo**

En la década de 1960, el mantenimiento se basaba en la prevención y la corrección. Ambas estrategias implicaban actividades de fondo, consideradas de menor importancia y útiles solo cuando se producía una avería (Sacristán, 2016).

El sector de mantenimiento se limitaba a electricidad, mecánica, cambio de piezas, lubricación o engrase. La noción de predicción no existía. Las rutinas del operario estaban programadas cada cierto tiempo, pero no se tenían en cuenta las condiciones de operación de cada equipo (Sacristán, 2016).

Los planes de mantenimiento eran costosos y muchas veces se realizaban tareas de mantención solo porque estaban programadas, pero sin una idea consciente de si realmente era necesario hacerlas en ese momento (Sacristán, 2016).

Como las actividades no suponían mejoras sustanciales en los equipos o instalaciones, surgió la idea del mantenimiento predictivo para monitorear con

indicadores, sensores y dispositivos cada activo, y poder predecir un mal funcionamiento o una posible avería.

De este modo, en lugar de realizar un mantenimiento general y sin distinciones, se pasó a la idea de tomar primero datos clave de los equipos para determinar la vida útil restante de ciertos componentes críticos. Después, se realizaban acciones de mantenimiento y se tomaban previsiones al respecto. De esta forma, se podía ahorrar en tiempo y recursos, un paso importante en la evolución del mantenimiento.

No se trataba ya de dar a todos los activos igual tratamiento. Se comenzaron a aplicar técnicas de verificación mecánica como el análisis de vibraciones y ruidos. Se necesitaba de personas cada vez más especializadas, porque no todos los operarios eran capaces de leer y analizar los datos que arrojaban los sensores.

Por último, estos datos eran registrados para la generación de gráficos de tendencia que evidenciaban el comportamiento de la maquinaria a través del tiempo.

#### **2.1.4 Década de 1970-1980: Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es también durante la etapa de 1960 que surge en Japón una filosofía de mantenimiento que revolucionó la industria mundial (Olarte, 2014).

Es importante aclarar que la historia del mantenimiento industrial no se desarrolló de igual forma en todo el mundo. Japón, particularmente, fue pionero en muchas prácticas que luego se aplicaron en el resto de países (Olarte, 2014).

TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es un concepto de gestión holística que se implementó por primera vez en la empresa Nippondenso en 1960. Más adelante, se trasladó a otras partes del mundo durante 1970–1980 (Olarte, 2014).

La filosofía TPM surgió de la necesidad de realizar un mantenimiento menos costoso que el preventivo. La solución vino de la mano del concepto mantenimiento autónomo, basado en capacitar a los operarios de producción para realizar tareas básicas

de mantenimiento. La automatización ayudó en esta práctica, ya que posibilitaba que los operarios pudiesen leer indicadores y monitorear sus equipos (Olarte, 2014).

Fue fundamental el entrenamiento del personal para lograr la implicación del operario como responsable de la calidad del equipo que la empresa poseía, y su fiabilidad operativa. Este fue un paso revolucionario en la historia del mantenimiento (Olarte, 2014).

TPM no es solo una práctica para integrar al operario en tareas de mantenimiento, se trata de una verdadera filosofía de trabajo y en la idea de que ningún plan de mantenimiento puede ser efectivo si otros procesos generan pérdidas y fallas (Olarte, 2014).

Por ello, el objetivo es desarrollar habilidades competitivas en toda la organización, identificando y eliminando las deficiencias. El mantenimiento TPM engloba al correctivo, al preventivo y a la gestión de calidad, por lo que se considera una metodología integral dentro de la evolución del mantenimiento (Olarte, 2014).

#### **2.1.5 Década de 1980: Mantenimiento RCM**

Dentro de la metodología predictiva, que describimos anteriormente, se desarrolló en EE. UU. la práctica RCM (Reliability Centered Maintenance) o Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad. La práctica surgió en el seno de la compañía United Airlines. En la década de 1960, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues y dos tercios de ellos eran causados por fallas en los equipos (Olarte, 2014).

Esto motivó a repensar el programa de mantenimiento que, hasta ese entonces, se había promovido en la industria. Los técnicos aplicaban una estrategia de mantenimiento preventivo y cambiaban las piezas cada cierto tiempo, pero poco más. Ante la tasa de accidentes, se probó haciendo los cambios de piezas en menos tiempo, pero los porcentajes de falla no se reducían y, de hecho, se incrementaban (Olarte, 2014).

Así, se inició una investigación que tomó 20 años hasta culminar en el reporte que presentó el método RCM como la solución. El estudio consistió en someter los

componentes de los aviones a pruebas para determinar su vida útil en condiciones distintas. Los planes más seguros y menos costosos consistían en aplicar este proceso a todos los activos (Olarte, 2014).

El objetivo era determinar lo que debía hacerse con tal de asegurar que un elemento físico continuaría desempeñando las actividades que se esperaban de él en su contexto (Olarte, 2014).

Ya no se trataba de cambiar una pieza porque sí, sino de identificar los elementos críticos que se desgastan con el uso. Predecir fallas en equipos y componentes, en un contexto específico y bajo ciertas condiciones de funcionamiento, y ajustar las tareas de mantenimiento de forma proactiva (Olarte, 2014).

#### **2.1.6 Actualidad: Importancia de la tecnología en el manteamiento industrial**

En un contexto de globalización, la evolución de equipos y técnicas es cada vez más dinámica.

Entre 1980 y 2000, el mundo industrial cambió de muchas formas, pero la revolución informática impactó especialmente en la producción, la calidad, el flujo de trabajo, etc. Desde entonces hasta la actualidad, todas las compañías han tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías.

El mantenimiento industrial tuvo que modernizarse. Hoy, un Software de Mantenimiento es imprescindible para gestionar activos industriales. Poder administrar los equipos de forma ordenada y detallada genera una mejor productividad y permite a las empresas encontrar su lugar en el mercado y poder competir.

La complejidad de los equipos y sus componentes informáticos intrínsecos hacen necesaria la incorporación de herramientas que permitan leer datos (sensores) y gestionarlos. De otra forma, es casi imposible llevar un control y monitoreo sobre activos tan complejos.

Los Software de Mantenimiento permitirán:

- Gestionar los procesos de mantenimiento en el negocio.
- Realizar monitoreos y diagnósticos de fallas.
- Identificar las prácticas óptimas.
- Mejorar el desempeño a futuro.
- Controlar el cumplimiento de tareas asignadas.
- Registrar el historial de fallas.
- Generar informes con resultados de la inspección

## 2.2 Conceptos básicos de manteamiento

Para efecto de aplicación en los capítulos a seguir, se utilizarán los siguientes conceptos básicos:

- **Pieza**

Todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo. Es la parte del equipo donde, de una manera general, serán desarrollados los cambios y eventualmente, en casos más específicos, las reparaciones.

- **Componente**

Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física, que, conjugado a otro (s) crea (n) el potencial de realizar un trabajo.

- **Equipo**

Conjunto de Componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

- **Sistema Operacional**

Conjunto de equipos para ejecutar una función de una instalación.

- **Unidad de Proceso o Servicio**

Conjunto de Sistemas Operacionales para la generación de un producto o servicio.

- **"Familia" de equipos**

Equipos con iguales características de construcción (mismo fabricante, mismo tipo, mismo modelo).

- **Ítem de Mantenimiento (o simplemente "Ítem")**

Equipo, Obra o Instalación.

- **Defecto**

Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo, acarrear su indisponibilidad.

- **Falla**

Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.

- **Mantenimiento**

Todas las acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada.

- **Mantenimiento Preventivo**

Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas.

- **Mantenimiento Correctivo**

Todos los servicios ejecutados en los equipos con falla.

- **Clase**

Importancia del equipo en el proceso (o servicio) dividiéndose en:

Clase A: Equipo cuya parada interrumpe el proceso (o servicio), llevando a la facturación cesante.

Clase B: Equipo que participa del proceso (o servicio) pero que su parada por algún tiempo no interrumpe la producción.

Clase C: Equipo que no participa del proceso (o servicio).

- **Prioridad**

Intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de una intervención de mantenimiento y el inicio de la misma.

- **Mantenibilidad**

Facilidad de un ítem en ser mantenido.

- **Servicios de Apoyo**

Servicios ejecutados por el personal de mantenimiento con el objetivo de lograr la mejora de las condiciones de seguridad en el trabajo; mejora de la mantenibilidad; capacitación; nuevas instalaciones y prestación de servicios a otros sectores no vinculados a la producción como, por ejemplo, mantenimiento de la red de iluminación externa, confección de placas de señalización vial etc.

En el trabajo de Nakagima (TPM - "Total Productive Maintenance") es presentada la sugestión de subdivisión del mantenimiento preventivo en dos grandes grupos: Mantenimiento Preventivo por tiempo y Mantenimiento Preventivo por estado. De esta manera, son indicadas a continuación, las subdivisiones del Mantenimiento Preventivo de uso más común y sus clasificaciones según esta propuesta:

- **Mantenimiento Preventivo por Tiempo**

Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos etc.).

- **Mantenimiento Preventivo por Estado**

Servicios preventivos ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, predictivo, reforma o revisión general etc.).

- **Inspección o Mantenimiento de Rutina**

Servicio caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando los sentidos humanos y sin ocasionar la indisponibilidad del equipo, con el objetivo de acompañar el desempeño de sus componentes - mantenimiento preventivo por tiempo. Esta actividad puede ser desarrollada por el personal de operación, a partir de la programación desarrollada por el Departamento de Mantenimiento o por "inspectores" vinculados al área de Mantenimiento con esta función específica. Debido a su corta duración, exige control simplificado que debe, sin embargo, ser procesado, pues ofrece una gran contribución al diagnóstico del estado de los equipos.

- **Mantenimiento Periódico o Sistemático**

Actividad en que cada equipo es puesto fuera de servicio, tras un período de funcionamiento, para que sean efectuadas mediciones, ajustes y si es necesario cambio de piezas, en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes o referencias externas - mantenimiento preventivo por tiempo. Un buen control del Mantenimiento Preventivo Sistemático requiere registros históricos, debiendo por lo tanto ser implantado después de algún tiempo de funcionamiento de los equipos, ya que normalmente los fabricantes omiten o desconocen los puntos de falla de sus líneas de producción. Como alternativa para la implantación inmediata puede ser atribuida una periodicidad a cada uno, en base a las experiencias profesionales de los ejecutantes del Mantenimiento, que irán siendo ajustadas a través del acompañamiento de la incidencia de correctivos entre preventivos o por la inexistencia de defectos constatados en las paradas programadas.

- **Lubricación**

Adiciones, cambios, llenado, exámenes y análisis de los lubricantes - mantenimiento preventivo por tiempo. Esta actividad puede ser ejecutada por el operador del equipo o por un "lubricador" y análogamente a la anterior, exige control simplificado donde deben ser indicados los puntos a ser lubricados o tipo de lubricante, la dosificación y la frecuencia de lubricación. En este caso es fundamental el seguimiento del proceso para evitar que su omisión o mala ejecución acarree serios daños a los equipos.

- **Revisión de Garantía**

Examen de los componentes de los equipos antes del término de sus garantías, con la intención de verificar sus condiciones con relación a las exigencias contractuales - mantenimiento preventivo por tiempo.

- **Gran Reparación o Revisión General**

Servicios en equipos de gran porte que interrumpen la producción de mantenimiento preventivo por estado. Es común para este tipo de actividad, la aplicación de la técnica del Método del Camino Critico (CPM/PERT) y el análisis de costos específicos, lo que justifica una nomenclatura propia para facilitar la selección de los registros a esta concernientes.

- **Mantenimiento Selectivo**

Cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con entidades de investigación - mantenimiento preventivo por estado.

- **Mantenimiento Predictivo o Previsivo**

Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través del análisis de síntomas o estimativa hecha por evaluación estadística, con el objetivo de predecir el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de Cambio o reparación mantenimiento preventivo por estado. Como en el caso anterior, se trata de un Control Predictivo o Previsivo, para ejecución de mantenimiento preventivo.

- **Reparación de Defecto**

Reparación de Equipos que presentan variaciones en su estado, como ya fue definido, para la condición de Defecto - mantenimiento preventivo por estado.

## **2.3 Tipos de manteamiento**

El objetivo de cualquier empresa, ya sea en la fabricación de productos o en la prestación de servicios, es generar un volumen de negocios importante y, sobre todo,

generar beneficios netos satisfactorios. En oposición a los ingresos, pueden aparecer gastos, ya sean anticipados o imprevistos, y estropear el resultado.

La empresa, cautelosa y proactiva, despliega una estrategia de mantenimiento para asegurar que el equipo esté bien mantenido, que funcione de manera óptima y que las actividades no se detengan.

No solo está en juego la productividad, sino también la satisfacción de los clientes y la seguridad de los colaboradores.

Existen diferentes tipos de mantenimiento, adaptados a las máquinas o a los programas informáticos, y determinados en función de la finalidad, del resultado buscado y de los medios técnicos de intervención disponibles.

¿Cuáles son los diferentes tipos de mantenimiento?

Las operaciones de mantenimiento incluyen:

- La solución de problemas,
- las reparaciones,
- el escenario,
- la revisión,
- el control,
- la verificación del equipo, tanto físico como virtual.

Son esenciales para la gestión adecuada de las limitaciones en la producción, tales como la calidad, la seguridad, el medio ambiente y el costo.

La lista de tipos de mantenimiento es bastante larga y los términos utilizados, o las interpretaciones, son a veces diferentes.



**Figura 1: Organigrama de mantenimiento.**

Según la norma EN 13306:2010 el mantenimiento se divide en dos grandes grupos: preventivo y correctivo. Sin embargo, existen algunos matices a tener en cuenta.

La Autora Albornoz (2020) definió los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

### **2.3.1 Mantenimiento preventivo**

Se trata de un mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos y destinado a reducir la probabilidad de fallo o degradación del funcionamiento de un bien.

En un enfoque proactivo, tiene en cuenta varios criterios para anticipar y que no se produzca la avería: los reglamentos que afectan a determinado equipo e infraestructura para cumplir las normas (en las industrias farmacéutica o aeronáutica, por ejemplo), los usuarios y los informes de las máquinas, las recomendaciones de los fabricantes, que se tendrán en cuenta en particular para poder hacer cumplir la garantía o el aseguramiento de la calidad en caso de avería.

En este último caso, a veces se denomina mantenimiento predeterminado, que no depende del estado real de las máquinas sino de programas estadísticos proporcionados por los fabricantes (sobre el tiempo medio observado hasta el fallo (MTTF), por ejemplo).

Hay dos subcategorías de mantenimiento preventivo:

- **Mantenimiento preventivo sistemático**

Se establece según un calendario o una periodicidad de uso (cada mes, cada 500 productos fabricados, cada 10.000 kilómetros, etc.).

- **Mantenimiento preventivo condicional**

Se basa en la condición, es decir, en el estado real del equipo, mediante la vigilancia continua o periódica y la conexión directa.

La degradación del bien se mide mediante autodiagnóstico, información de los sensores, medición del desgaste, etc. Es muy económico porque no requiere una gran gestión de las existencias, las compras y las intervenciones innecesarias.

### **3.2.2 Mantenimiento correctivo**

A diferencia del mantenimiento preventivo, que anticipa los fallos de funcionamiento, el mantenimiento correctivo tiene lugar después del fallo o la avería de un activo o una línea de producción.

Su objetivo es reparar, restaurar a su estado anterior, reemplazar una pieza o equipo, o corregir un error o una mala programación de la computadora.

Algunos de los matices:

- **Mantenimiento correctivo paliativo**

El mantenimiento paliativo tiene como objetivo la resolución de problemas, la reparación temporal de una avería.

- **Mantenimiento correctivo curativo**

Algunos utilizan el término "mantenimiento curativo" como sinónimo de "mantenimiento correctivo", pero es sólo una subcategoría del mismo.

El propósito del mantenimiento correctivo es reparar permanentemente las fuentes de las fallas.

¿Mantenimiento correctivo inmediato o diferido?

Como su nombre lo indica, el mantenimiento correctivo inmediato se realiza lo antes posible después del fallo, mientras que el mantenimiento correctivo diferido aplaza la reparación si no es prioritaria, urgente o si ya está programada en una fecha posterior. La desventaja es que el activo en cuestión está inmovilizado o tiene un funcionamiento reducido.

### **2.3.3 Mantenimiento predictivo o mantenimiento previsional**

Algunos consideran que forma parte del mantenimiento preventivo y condicional, ya que tiende a vigilar las máquinas y el paso de umbrales (desgaste, etc.) para evitar averías.

### **2.3.4 Mantenimiento adaptativo**

Este tipo de mantenimiento está dedicado al mantenimiento de los ordenadores. Se trata de adaptar la aplicación para que pueda, por ejemplo, seguir funcionando con una versión más reciente del software básico, asegurando su correcta ejecución.

### **2.3.5 Mantenimiento evolutivo o mejora del mantenimiento**

Aplicado al mantenimiento industrial o informático, su finalidad es actualizar el equipo añadiendo funciones o módulos adicionales, o sustituyendo una función existente por otra, a fin de mejorar su rendimiento.

## **Mantenimiento según el tipo de equipo**

### **Dos tipos de equipo**

materiales o hardware (máquinas, automóviles, electrodomésticos, robots, etc.) para mantenimiento industrial, equipo inmaterial (software, servidores, sitios web, etc.) para mantenimiento desde el ordenador.

## **Mantenimiento según el resultado previsto**

El mantenimiento puede ser programado para asegurar resultados precisos como:

la frecuencia de uso durante un período de tiempo determinado, la disponibilidad de la propiedad, la **sostenibilidad**, el funcionamiento en un estado de referencia, etc.

### **Mantenimiento según los medios técnicos de intervención**

Los medios técnicos son variados:

- ✓ la intervención automatizada (vaciando la máquina de café cada 50 cafés),
- ✓ la intervención a distancia (o el mantenimiento a distancia) con la ayuda de un soporte técnico (teléfono, chat, etc.),
- ✓ la intervención física,
- ✓ la intervención asistida gracias a un software de gestión, etc.

## **2.4 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en intervenciones que previenen las averías y disminuyen la probabilidad de que un activo falle. Es decir, se trata de un tipo de mantenimiento planificado que se realiza incluso cuando un equipo mantiene su capacidad operativa. Puede ser tan simple como la limpieza de los filtros de los aparatos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, una inspección visual o una lubricación periódica, pero también incluye planes de inspección más complejos, planes de calibración y/o medición, detección de fugas de gas y otras revisiones cíclicas (Infraspeak Team, 2023).

### **2.4.1 Características del mantenimiento preventivo**

Mejía (2020) plantea que las características principales del mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Se realiza de forma periódica y rutinaria.
- Es un tipo de mantenimiento cuyas tareas y presupuestos son planificadas. Tiene un tiempo de inicio y de culminación.
- Se realiza en condiciones de control total para evitar accidentes, mientras el equipo está parado.
- Se busca anticipar las futuras fallas o daños de los equipos.

- El fabricante generalmente recomienda cuándo hacerlo, a través de manuales técnicos.
- Las actividades que se realizan siguen un programa previamente elaborado.
- Ofrece la posibilidad de actualizar la configuración técnica de los equipos.

#### **2.4.2 Objetivos del mantenimiento preventivo**

Los principales objetivos del mantenimiento preventivo son los de extender la vida útil de una máquina, y prevenir cualquier tipo de error que pueda ocurrir. Gracias a esto, es posible garantizar, por un lado, su correcto funcionamiento, y por el otro, evitar una parada imprevista de la misma.

De esta manera, la máquina dejará de funcionar en períodos previamente estipulados, sin interferir con el proceso de producción de la empresa.

Además, previniendo los posibles errores, es posible reducir los costos de reparación, ya que la avería de una pieza puede provocar una cadena de fallos, ocasionando roturas en otras piezas o hasta una rotura total de la máquina.

Por otra parte, es un procedimiento fundamental que se lleva a cabo en maquinarias como aviones, trenes o centrales nucleares, donde un error puede llevar a consecuencias fatales.

#### **2.4.3 Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo**

De igual manera Mejía (2020) nos presenta las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo que ella ha detectado.

- Entre las ventajas que presenta el mantenimiento preventivo se encuentran las siguientes:
  - Costo reducido con relación al mantenimiento correctivo.
  - Se reducen significativamente los riesgos por fallas o fugas en los equipos.
  - Prolonga la vida útil de los equipos.
  - Se generan menos errores en las operaciones cotidianas.

- Mejora sustancialmente la fiabilidad de los equipos.
  - Reduce el riesgo de lesiones para los operarios.
- Desventajas, en realidad, el mantenimiento preventivo tiene muy pocas desventajas. Algunas de estas son las siguientes:
- El mantenimiento de los equipos debe ser realizado por personal especializado que generalmente está fuera de la empresa, por lo cual tiene que ser contratado.
  - Dado que las labores de mantenimiento de los equipos se efectúan con cierta periodicidad, no permiten que se pueda determinar exactamente la depreciación o desgaste de las piezas de los equipos.
  - La empresa debe ceñirse a las recomendaciones del fabricante para programar las labores de mantenimiento. Por esto puede ocurrir que se deba cambiar una pieza cuando quizás puede tener una mayor vida útil.

## **2.5 Modelos y metodologías del mantenimiento preventivo: como el modelo RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) y TPM (Mantenimiento productivo total)**

Según Garrido (2018) un Modelo de Mantenimiento es una mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Podemos pensar que cada equipo necesitará una mezcla distinta de los diferentes tipos de mantenimiento, una mezcla determinada de tareas, de manera que los modelos de mantenimiento posibles serán tantos como equipos puedan existir. Pero esto no es del todo correcto.

Mientras que una metodología de mantenimiento es una serie ordenada de pasos con un conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

### **2.5.1 RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad)**

Los autores Campos-López et al., (2019) afirman que el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.).

Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo.

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga.

John Moubray definió el RCM como un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional.

En la actualidad, el RCM es utilizado con frecuencia no solo para identificar tareas de mantenimiento, también se utiliza como marco de referencia para analizar el riesgo en equipos, clasificar por importancia los componentes significativos para el mantenimiento o detectar áreas de oportunidad de mejora en el mantenimiento de equipos complejos como turbinas eólicas. También se busca mejorar los resultados del RCM al combinarlo con otras metodologías tales como el mantenimiento radical, el mantenimiento basado en la condición y el proceso de jerarquía analítica (Campos-López et al., 2019).

### **2.5.2 TPM (Mantenimiento productivo total)**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) comenzó como un método de gestión de activos físicos centrado en el mantenimiento y la mejora de la maquinaria de fabricación, con el fin de reducir los costes operativos de una organización.

Tras la creación del premio PM y su concesión a Nippon Denso en 1971, el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) lo amplió para incluir 8 pilares del TPM, que requerían la implicación de todas las áreas de fabricación en los conceptos del Lean Manufacturing.

También requiere la aplicación de nuevos métodos para detectar posibles problemas, como el mantenimiento predictivo, mediante el estudio de las tendencias operativas o el análisis de los datos de las máquinas para adoptar medidas preventivas.

Además, la metodología TPM implica mejorar la formación de los operarios para que las máquinas funcionen con mayor eficacia y eficiencia. Por último, el TPM incluye la mejora de la comunicación entre departamentos para garantizar un flujo de información fluido entre todos los miembros del equipo. Como lo describen Tina Kanti Agustiady y Elizabeth A. Cudney (2018), en pocas palabras, “el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un enfoque holístico del mantenimiento de equipos, que aspira a lograr procesos de producción casi perfectos”.

### **2.5.3 Los 8 pilares del TPM**

Los 8 pilares en los que se debe basar cualquier programa de TPM son los siguientes:

- Mejoras específicas
- Pilar JH (Mantenimiento autónomo)
- Pilar PM (Mantenimiento planificado)
- Pilar QM (Mantenimiento de calidad)
- Pilar DM (Mantenimiento del desarrollo)
- Pilar E&T (Educación y Formación)
- Pilar OTPM (Office TPM)
- Pilar SHE (Seguridad, Salud y Medio Ambiente)

Estos pilares están relacionados con los conceptos del Lean Manufacturing.

## **Mejoras específicas**

Este pilar tiene que ver con el desarrollo y la realización de mejoras en los procesos existentes, mediante pequeños cambios dirigidos. Hace hincapié en la introducción de mejoras graduales en los procesos existentes, con el fin de maximizar la eficacia y reducir los costes. Estas mejoras concretas se aplican utilizando un enfoque científico como el ciclo: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), que permite identificar pequeños problemas, crear soluciones para ellos y evaluar posteriormente su eficacia antes de aplicar cualquier cambio.

### **Pilar JH (Mantenimiento Autónomo)**

El Pilar JH tiene que ver con capacitar a los operarios para supervisar sus propios equipos, mediante comprobaciones e inspecciones diarias. Esto incluye la limpieza, así como las tareas de mantenimiento básicas, como la lubricación de piezas o el cambio de filtros, cinturones, entre otros.

### **Pilar PM (Mantenimiento Planificado)**

Este pilar establece la programación de inspecciones y actividades de mantenimiento periódicas, para detectar posibles problemas antes de que se conviertan en problemas graves. Esto incluye actividades de mantenimiento preventivo, por ejemplo, lubricación y limpieza, así como actividades de mantenimiento predictivo, entre las que se puede mencionar la medición de los niveles de vibración en los componentes de la máquina.

### **Pilar QM (Mantenimiento de Calidad)**

El Pilar QM busca garantizar el cumplimiento de las normas de calidad en todas las fases de producción, mediante el uso de análisis basados en datos. Esto incluye el seguimiento de las reclamaciones de los clientes, así como la realización de análisis de causa raíz cuando surgen problemas, con el fin de identificar áreas de mejora.

### **Pilar DM (Mantenimiento del desarrollo)**

Este pilar establece el desarrollo de estrategias basadas en análisis de datos para la compra de nuevos equipos. Esto incluye el análisis de los patrones de uso actuales,

para determinar el mejor equipo para cada aplicación específica dentro de las necesidades de la empresa.

### **Pilar E&T (Educación y Formación)**

El Pilar E&T está relacionado con formar a los empleados en el uso adecuado de los equipos, para reducir el desgaste con el paso del tiempo. Esto incluye impartir cursos de actualización sobre procedimientos de seguridad, así como ofrecer oportunidades de formación adicionales a los empleados que deseen adquirir conocimientos relacionados con sus funciones laborales.

### **Pilar OTPM (Office TPM o TPM de oficina)**

Este pilar establece la aplicación de los mismos principios utilizados en las áreas de producción (Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Planificado/Gestión de la Calidad) a las operaciones de oficina. Esto incluye desarrollar sistemas para el seguimiento electrónico de los documentos y archivos, en lugar de almacenarlos físicamente en archivadores u otros.

### **Pilar SHE (Seguridad, Salud y Medio Ambiente)**

El Pilar SHE busca garantizar la seguridad de los empleados en todo momento, mediante la aplicación de protocolos de seguridad, como el uso de equipos de protección individual adecuados. Esto también incluye la supervisión de las condiciones ambientales en torno a la maquinaria, para garantizar que cumplen determinadas normativas, como las normas de calidad del aire.

## **2.6 Técnicas de análisis de riesgo (AMEF)**

Sin duda alguna los problemas y los defectos de los productos o servicios son costosos para las organizaciones. Los consumidores buscan fabricantes y proveedores que tengan altos estándares de calidad y que ofrezcan productos/servicios fiables. Por esta razón, las empresas tienen el gran reto de detectar a tiempo posibles problemas por medio de métodos eficientes de evaluación a lo largo de todo el ciclo de producción.

El método AMEF es implementado en múltiples sectores, su objetivo es detectar en una fase temprana del ciclo de desarrollo las posibles fallas, esto facilita la toma de decisiones para mitigar los daños. Fue creado en la década de 1940 por el ejército de los Estados Unidos, es una técnica utilizada en ingeniería para el análisis de fallos de productos y procesos.

### **2.6.1 ¿Qué es el método AMEF?**

Es conocido por sus siglas en inglés como Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) o el Análisis de Modos y Efecto de Fallas (AMEF), se trata de un método en el que se busca detectar las posibles fallas de un proceso o producto antes de que llegue al cliente. Es una herramienta que permite identificar las consecuencias del disfuncionamiento de un equipo de producción, el producto fabricado, la seguridad de las personas y los bienes materiales.

Cada uno de los componentes del AMEF tiene una importancia en particular:

- Análisis:

Se trata de la fase en la que se revisan todos los elementos de un proceso, producto/servicio o sistema.

- Modos:

En esta etapa se pretende identificar la manera en la que se generó la falla.

- Efecto:

El daño ocasionado, la consecuencia o el impacto que tuvo la falla detectada.

- Fallas:

Se trata del error o defecto que tuvo un resultado no deseado o que está por fuera de los lineamientos previamente establecidos.

Este método suele emplearse en procesos de diseño, fabricación y servicio. Cuando se realiza un AMEF de diseño se examinan los fallos potenciales del producto y los efectos que puede tener en el usuario final, mientras que un AMEF de fabricación o

de un proceso analiza cada una de las variables que pueden tener un impacto en la calidad de un proceso. Por último, el AMEF de un servicio tiene por objetivo evitar el mal uso de los materiales utilizados.

El AMEF utiliza un análisis de criticidad de los posibles fallos y efectos por medio de un cálculo que tienen en cuenta la gravedad/severidad, frecuencia y detección. El objetivo es realizar el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo (IRP) para priorizar y tomar decisiones.

$$\text{Índice de Prioridad de Riesgo (IRP)} = S \times O \times D$$

- Gravedad o severidad (S): Importancia del mismo en cuanto a sus consecuencias funcionales (producto) o grado de defectuosidad (proceso).
- Frecuencia (O): Probabilidad de que se presente un fallo en el producto o proceso estudiando una vez que se ha producido una causa de fallo.
- Detección (D): Probabilidad de no detectar el fallo antes de que se produzca.

La escala de evaluación es de 1 como lo más bajo y 10 como lo más alto. Todo el análisis se llevará a cabo dentro de una matriz, allí se compilará toda la información. El resultado del IRP permitirá priorizar un fallo en función de la puntuación, será comprendida entre 1 y 1000.

## **2.7 Planificación y programación de mantenimiento**

### **Planificación**

Es proyectar el futuro deseado, medios necesarios y actividades a desarrollar para conseguirlo.

### **Programa o plan de mantenimiento preventivo**

Se trata de la descripción detallada de las tareas de mantenimiento preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

### **2.7.1 Tipos de planes en las organizaciones**

En las empresas se implementan diversos tipos de planes dependiendo del tipo de organización y la dinámica de las circunstancias.

El mantenimiento no es ajeno a la participación y desarrollo de planes de largo y corto plazo, dentro de los primeros se ubica el plan estratégico que traza las necesidades y el curso general con alcance de largo plazo. Luego, los planes operativos que procura implementar las actividades de los planes estratégicos, en el corto plazo.

Los planes permanentes adoptan la forma de políticas y procedimientos organizacionales, de manera que la política es un plan permanente que comunica lineamientos flexibles para orientar las decisiones y emprender acciones en circunstancias específicas.

#### **Tipos de planes:**

##### **Plan estratégico**

Es el plan en el que se establecen los objetivos, las estrategias y los planes globales a largo plazo, normalmente es entre 3 y 5 años. Esta actividad es desarrollada por la alta Dirección, que se ocupa de problemas de gran amplitud, tanto en términos de actividad organizativa como de tiempo.

##### **Planificación operativa**

Es donde se concretan los planes estratégicos y objetivos a un elevado grado de detalles. Así se establecen las tareas a desarrollar para que se cumplan los objetivos y planes a largo plazo. En esa etapa las actividades son un poco más limitadas y van de 18 meses o un año varias semanas.

##### **Planificación adaptativa**

Pretende eliminar las posibles divergencias entre los resultados y los objetivos relacionados con ellos. Hay quienes consideran un nivel intermedio entre la planificación estratégica y la operativa, y que denominamos planificación táctica o de medio plazo. Esta comparte algunas características de cada una de ellas y su misión es conectarlas.

### **2.6.2. Planeamiento del mantenimiento**

El proceso administrativo tiene como primera función la planeación que es la que prepara el escenario para las demás. Este proceso es en el que se decide que es lo que se quiere lograr y cuál es la mejor manera de hacerlo.

En el proceso de planeación, los objetivos identifican los resultados específicos o las consecuencias deseadas, el plan es una exposición de las acciones a realizar con el fin de lograr los objetivos.

Los cinco pasos en el proceso de planeación:

1. Definir los objetivos.
2. Determinar en donde se está frente a los objetivos.
3. Desarrollar premisas acerca de las condiciones futuras.
4. Análisis de las posibles alternativas de acción.
5. Implementar el plan y evaluar los resultados

El proceso de planeación resulta ser una variante de los procesos de toma de decisiones para la solución a los problemas de las diversas áreas de la organización y en el caso del mantenimiento reviste importancia, porque es el área responsable de los activos físicos y por lo tanto de la operación y continuidad de los procesos productivos.

Los beneficios y ventajas de la planeación se perciben de diversas formas:

- Mayor sentido de orientación y flexibilidad
- Orientación para la acción
- Mejor coordinación
- Mayor control
- Mejor administración del tiempo

#### **Planeamiento estratégico del mantenimiento**

Siendo la estrategia el método para aportar soluciones y tener comportamientos diseñados y controlados, la estrategia empresarial es por lo tanto un plan de utilización y asignación de los recursos disponibles con el fin de lograr un objetivo específico, en los

misimos términos podemos afirmar de la estrategia del Mantenimiento - que se inscribe dentro del de la empresa – es decir contar con su propio planificación y objetivos.

Es importante considerar la cultura de la organización para poder hacer “planeación estratégica”; cultura cuyos factores deban mostrar la existencia o no de esta (autonomía, estructura, grados de identidad, grado de formalidad, reconocimiento al desempeño, tolerancia al conflicto, tolerancia al riesgo, etc.) en los niveles que nos permitan contar con los valores con los que se pueda definir el perfil cultural del mantenimiento, observando la posibilidad de la implantación de nuevas estrategias, pues se manejan las manifestaciones de la cultura empresarial.

Entonces primeramente debe de considerarse:

- Propósitos Socioeconómicos Básicos o Valores

Son las grandes finalidades de la organización.

- Misión del Negocio:

Es el planteamiento concreto o la definición del negocio

- Objetivos:

Expresan los lineamientos del Mantenimiento y sus logros alcanzan con base en las necesidades de la organización.

- Metas:

Las metas a corto plazo que se revisan periódicamente y que enmarcadas en el plan de desarrollo del Mantenimiento se deben manejar por todos sin problemas de compatibilidad.

Adicionalmente debe también tenerse muy en cuenta los aspectos fundamentales que revisten la importancia del Mantenimiento dentro del conjunto de la Empresa:

- Las operaciones de la empresa.

Productoras de bienes físicos (tangibles) / Productoras de servicios (intangibles).

- Los procesos de producción (continuos o intermitentes).

Por su tecnología (volumen) / Por su frecuencia de producción (veces).

Proyecto/configuración de la unidad de la planta (incluyendo duplicidad de equipos críticos)

La incidencia del entorno en la oferta de recursos financieros, materiales, humanos y en la demanda del proceso.

- La política organizacional sobre productividad empresarial, seguridad y calidad.
- La ubicación de Mantenimiento dentro de la Organización y su dimensionamiento.

### **Efectividad de los costos.**

Con las consideraciones expuestas, nuestra premisa es que, la estrategia óptima de mantenimiento es aquella que minimiza el efecto conjunto de los componentes de costos, es decir, identifica el punto donde el costo de reparación es menor que el costo de la pérdida de producción. En la evaluación del punto óptimo de mantenimiento, se constata que el costo total del mantenimiento está influido por el costo de mantenimiento regular (costo de reparación) y por el costo de la falla (pérdida de producción).

Todas estas consideraciones planteadas se inscriben en un contexto más amplio de Análisis interno de Fuerzas y Debilidades de la empresa, así como de Riesgos o Amenazas y Oportunidades (Análisis FORD o FODA) que se le presentan para hacer frente a la situación de competencia, donde el Mantenimiento es fundamental para contribuir al logro de ser competitivos.

### **Planificación táctica del mantenimiento**

Planeación es el conjunto de actividades que a partir de las necesidades de Mantenimiento definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad. Es definir el qué, por qué y para qué.

Debemos analizar los factores y procedimientos para planear el trabajo de Mantenimiento, es decir los necesarios para poder tomar decisiones acertadas acerca de cómo visualizar sus funciones y causar efectos sobre el sistema, sin olvidar su rol en la organización y su papel, teniendo en cuenta algunos aspectos básicos tales como:

- Mantenimiento es una función de servicio.
- Mantenimiento debe formular y evaluar un Programa Sistemático.
- Las cargas de trabajo deben ser controladas y ejecutadas ordenadamente según prioridades establecidas apropiadamente.
- Se debe velar por la motivación del personal.
- Mantenimiento necesita un Sistema de información.
- Mantenimiento necesita conocer sus costos.
- El rendimiento debe ser evaluado con índices.

De manera que, Mantenimiento debe responder a su misión con los siguientes principios para su desarrollo planeado:

La actividad del Mantenimiento debe conducirse sobre las bases de prevención, anticipación y orden para lo cual es necesario:

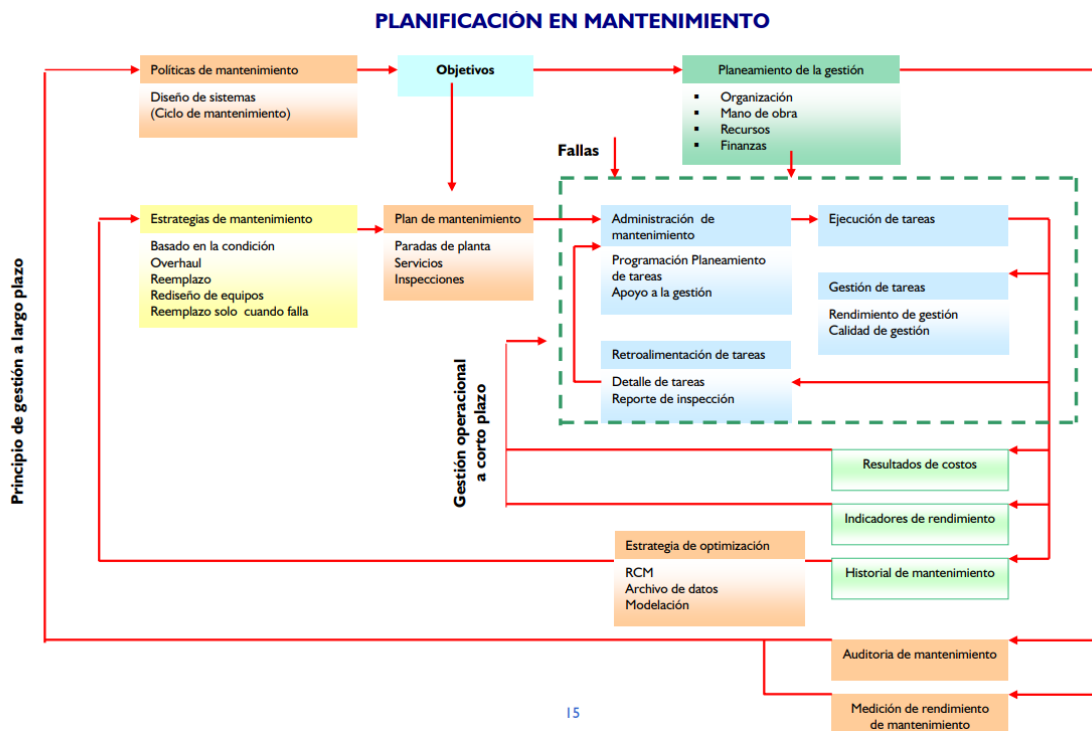
- ✓ Operar bajo un programa de Mantenimiento sistemático.
- ✓ Apoyar a la supervisión por medio de la organización del trabajo.
- ✓ Integrar en prácticas y procedimientos el conocimiento operacional (Normalización).
- ✓ Jerarquizar las tareas de acuerdo a su contribución a resultados.
- ✓ Adaptar el uso de sistemas de procesamiento de información y control.
- ✓ La administración del Mantenimiento se debe basar en hechos y dirigirse hacia la producción de resultados medibles a través de: Establecer metas y objetivos.
- ✓ Desarrollar un sistema de evaluación y control. % Unificar criterios para el análisis y uso de la información dirigida a los costos.
- ✓ Es responsabilidad de la organización en general y del Mantenimiento en particular propiciar la realización del potencial de cada persona, para lo cual es necesario:

Asegurar que el personal tenga los conocimientos y experiencias necesarias en cada función.

- ✓ Delegar las decisiones al mejor nivel organizacional que garantice resultados.
- ✓ Desarrollar relaciones positivas entre el personal, promoviendo la sinergia entre las diferentes secciones.

Estos principios facilitan los criterios necesarios para crear herramientas de planificación para que la organización funcione y este funcionamiento será correcto en la medida que responda a las necesidades de la empresa, la preparación y control de trabajo, está dirigida a los siguientes objetivos:

- ✓ Disponibilidad orientada hacia la producción.
- ✓ Máxima utilización del tiempo y espacio de los equipos.
- ✓ Detección prematura de fallas.
- ✓ Optimización de los planes de trabajo.
- ✓ Mejoras de los controles de trabajo.
- ✓ Mejora de los preparativos para reparaciones planificadas y no planificadas.



**Figura 2: Planificación de mantenimiento.**

### 2.7.3 Programación del mantenimiento

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un Plan de Operaciones, el mismo que permite desarrollar paso a paso una actividad programada de forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocida.

A continuación, se enumeran algunos puntos que el Plan de Operaciones no puede omitir:

Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento

- ✓ Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- ✓ Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- ✓ Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir.
- ✓ Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento.
- ✓ Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento.
- ✓ Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén.
- ✓ Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- ✓ Planos, diagramas, información técnica de equipos.
- ✓ Plan de seguridad frente a imprevistos.

Luego de desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de un informe de lo actuado, el cual entre otros puntos debe incluir:

- ✓ Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- ✓ El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- ✓ Tiempo real que duro la labor.
- ✓ Personal que estuvo a cargo.
- ✓ Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- ✓ Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- ✓ Conclusiones.

Para desarrollar la programación de actividades, se plantea:

## **Paso 1. Análisis de la situación actual y formular objetivos**

En este paso es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora. Los objetivos deben contener los valores numéricos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto. En una cierta compañía líder en productos comestibles se establecieron objetivos generales relacionados con el aumento de la Efectividad Global de Planta en 8 % en un año. Sus objetivos específicos estaban relacionados con el aumento del Tiempo Medio entre Fallos en 15 % y una reducción de 50 % del coste de mantenimiento en la sección de empaque para el primer año.

## **Paso 2: Diagnóstico del problema.**

Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema, se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Las técnicas analíticas utilizadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas del equipamiento provienen del campo de la calidad. Debido a su facilidad y simplicidad tienen la posibilidad de ser utilizadas por la mayoría de los trabajadores de una planta. Sin embargo, existen otras técnicas de desarrollo en TPM que permiten llegar a eliminar en forma radical los factores causales de las averías de los equipos.

Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son:

- Método Why & Why conocida como técnica de conocer porqué.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES)
- Análisis de causa primaria
- Método PM o de función de los principios físicos de la avería
- Técnicas de Ingeniería del Valor
- Análisis de datos
- Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas
- Análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo como el SMED o cambio rápido de herramientas.

### **Paso 3: Programación de actividades de mantenimiento**

Se define como programación a todas las acciones tendientes a organizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente preestablecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la ‘carga de trabajo programable’ los recursos con la finalidad de optimizados. Es definir el con quién, con cuánto, cuándo y cómo.

El planeamiento de los trabajos específicos se realiza a través de órdenes de trabajo, a las que se asigna los recursos materiales y humanos previstos; en el caso de los rutinarios se trata de listas de tareas a realizar una tras otra.

En el Mantenimiento Sistemático se realizar planificación, programación y ejecución; en el Mantenimiento Correctivo es posible realizar programas de trabajo sin haber sido planeados, su necesidad surge durante el proceso.

Las emergencias, en cambio, no pueden siquiera ser programadas, dada la premura con que se requiere solucionarlas.

Las intervenciones rutinarias se deben manejar como Mantenimiento sistemático, un caso especial es el Mantenimiento por Diagnóstico de Condición, este se realiza mediante inspecciones evaluativos de las variables claves que evidencian el estado de los equipos a fin de establecer una verdadera estrategia preventiva que permita anticipar y evitar los problemas que resultan de averías imprevistas. El Mantenimiento se

constituye así en una solución que es económicamente más conveniente que el preventivo, al reparar y/o reemplazar piezas en función de su estado de conservación y no simplemente por el mero transcurso del tiempo.

El objetivo fundamental del plan de acción es extender los programas sistemáticos a los equipos en donde estas actividades disminuyan realmente los tiempos perdidos y se mejore su confiabilidad, el objetivo es definir el tipo de mantenimiento acorde a las circunstancias de utilización, ubicación y edad de cada equipo.

#### **Paso 4: Ejecución de las labores de mantenimiento**

Es el conjunto de actividades tendiente a realizar los requerimientos de Mantenimiento, expresadas como trabajos específicos de cualquier tipo. Maneja desde la recepción de los programas o el requerimiento de atención en el caso de las emergencias, pasando por toda la labor preparatoria, búsqueda de repuestos, herramientas, asignación del personal, instrucciones sobre procedimientos, etc., hasta la realización correcta de las tareas y puesta en servicio del equipo y/o zona intervenida.

#### **Paso 5: Control de las actividades de mantenimiento**

Es el conjunto de actividades tendientes a verificar el desempeño correcto de la preparación, de su realización concreta, el control funcional y la información al sistema; posteriores a la ejecución.

Empieza desde el momento en que es recibido el programa o un requerimiento de Mantenimiento, se inicia con la labor preparatoria hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo.

## **CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Desarrollo de la metodología**

#### **3.1.1 Compresión y Compromiso de la Dirección**

La comprensión de la alta dirección sobre el TPM implica una inmersión profunda en los principios, objetivos y beneficios del TPM. Esto implica no solo entender la teoría detrás del TPM, sino también comprender cómo se aplica específicamente a la empresa en cuestión. Se debe considerar cómo el TPM puede contribuir a los objetivos estratégicos de la empresa, como la mejora de la competitividad, la reducción de costos y el aumento de la satisfacción del cliente.

Además, el compromiso de la dirección debe ser integral y sostenido. No es suficiente simplemente estar de acuerdo con el concepto del TPM; la dirección debe comprometer recursos significativos, tanto financieros como humanos, para respaldar la implementación del programa. Esto incluye asignar presupuesto para capacitación, tecnología y tiempo de los empleados. Además, los líderes deben demostrar su compromiso personal con el TPM participando activamente en las iniciativas relacionadas con el TPM y comunicando claramente su apoyo a todos los niveles de la organización.

#### **3.1.2 Formación y Entrenamiento**

La formación y el entrenamiento en TPM son fundamentales para asegurar que todos los empleados comprendan completamente los principios y prácticas del TPM y estén preparados para implementarlos en su trabajo diario. Esto implica no solo proporcionar información teórica sobre el TPM, sino también ofrecer oportunidades prácticas para aplicar los conceptos del TPM en situaciones del mundo real.

Las sesiones de formación deben ser diseñadas para ser interactivas y participativas, involucrando a los empleados en discusiones, estudios de casos y actividades prácticas. Esto les permite comprender mejor cómo el TPM se aplica a su trabajo específico y cómo pueden contribuir al éxito del programa.

Además de la formación inicial, se deben proporcionar oportunidades de desarrollo continuo para asegurar que los empleados mantengan y mejoren sus habilidades en TPM a lo largo del tiempo. Esto puede incluir programas de mentoría, cursos de actualización y participación en proyectos de mejora continua.

### **3.1.3 Formación de Equipos de TPM**

Los equipos de TPM desempeñan un papel crucial en la implementación y mantenimiento exitosos del programa TPM. Estos equipos deben estar compuestos por miembros de diferentes áreas funcionales, incluyendo producción, mantenimiento, calidad y gestión.

Es importante que los equipos de TPM estén bien capacitados en técnicas de trabajo en equipo, resolución de problemas y comunicación efectiva. Esto les permite colaborar de manera efectiva y abordar los desafíos de manera proactiva.

Los líderes de los equipos de TPM desempeñan un papel especialmente importante en la facilitación de reuniones, la resolución de conflictos y el mantenimiento del impulso del equipo. Deben estar bien capacitados en liderazgo y ser capaces de motivar y guiar a sus equipos hacia el éxito.

### **3.1.4 Evaluación del estado actual**

La evaluación del estado actual implica recopilar y analizar datos sobre el rendimiento de los equipos y los procesos de mantenimiento en la organización. Esto puede incluir métricas como la disponibilidad de equipos, el tiempo de inactividad, los costos de mantenimiento y la calidad del producto.

Es importante involucrar a los empleados en este proceso, ya que tienen conocimientos únicos sobre los desafíos y problemas que enfrentan en su trabajo diario. Esto puede incluir encuestas, entrevistas y talleres para recopilar retroalimentación y perspectivas de primera mano.

La evaluación del estado actual proporciona una línea de base clara para medir el impacto del TPM y establecer objetivos realistas para la mejora continua. Además, ayuda a identificar áreas de oportunidad y priorizar iniciativas de mejora.

### **3.1.5 Establecimiento de pilares TPM**

Cada pilar del TPM tiene sus propios objetivos y actividades específicas que deben ser desarrollados de manera integral:

- **Mantenimiento Autónomo:** Este pilar se centra en capacitar a los operarios para que realicen tareas de mantenimiento preventivo y correctivo básico en sus propios equipos. Esto incluye actividades como limpieza, lubricación, inspección y ajuste de equipos.
- **Mantenimiento Planificado:** Aquí, el enfoque está en desarrollar planes de mantenimiento preventivo y predictivo basados en el análisis de datos y la experiencia operativa. Esto ayuda a minimizar el tiempo de inactividad no planificado y maximizar la disponibilidad de los equipos.
- **Mejora Focalizada:** Se trata de identificar y eliminar las principales pérdidas de producción a través de actividades de mejora continua. Esto puede incluir la implementación de cambios en los procesos, la optimización del flujo de trabajo y la eliminación de cuellos de botella.
- **Mantenimiento de Calidad Inicial:** Este pilar implica integrar la prevención de defectos en los procesos de mantenimiento para garantizar que los equipos funcionen de manera óptima y produzcan productos de alta calidad desde el principio. Esto incluye actividades como el control de calidad del mantenimiento y la implementación de medidas para prevenir defectos.

### **3.1.6 Formación y Desarrollo del personal**

Finalmente, este pilar se centra en proporcionar oportunidades de formación y desarrollo para mejorar las habilidades técnicas y de liderazgo del personal. Esto puede incluir programas de formación internos y externos, asignación de mentores y participación en proyectos de mejora continua.

### **3.2 Desarrollo de formatos**

Durante la el diseño del plan de mantenimiento preventivo el jefe del departamento de mantenimiento, destaco que la mayororia de archivo realizados para el mismo plan no fueran insertados en este documento, como lo son las hojas de vida de los equipo, manuales, cronograma de activiades como entre otros tantos, debido a la protección de información de los equipos que anteriormente colaboradores de mantenimiento habian realizado. Como se puede observar solo se autorizaron la información de las checklist y la orden de trabajo.

## Orden de trabajo

### Orden de trabajo

| Descripción de la intervención                                                                                                                            |                               | Nombre/código de la Máquina      |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <div></div>                                                                                                                                               |                               | <div></div>                      |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Ubicación                                                                                                                                                 |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <div></div>                                                                                                                                               |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Tipo de Intervención                                                                                                                                      |                               | Fecha de apertura                |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/>      | <input type="checkbox"/>         | <input type="checkbox"/>        |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Predictiva                                                                                                                                                | Preventiva                    | Correctiva Programada            | Correctiva                      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Prioridad de la intervención                                                                                                                              |                               | Fecha de vencimiento             |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Emergencia                                                                                                                          | <input type="radio"/> Urgente | <input type="radio"/> Importante | <input type="radio"/> Relevante |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Responsable(s)                                                                                                                                            |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <div></div>                                                                                                                                               |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Herramientas e ítems de inventario                                                                                                                        |                               | Documentación necesaria          |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <table border="1"><thead><tr><th>Código</th><th>Descripción</th><th>Cantidad</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> | Código                        | Descripción                      | Cantidad                        |  |  |  | <table border="1"><tbody><tr><td>Permiso de Trabajo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Instrucciones de seguridad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Planos de diseño del equipo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>Manuales de intervención</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></tbody></table> |  |  | Permiso de Trabajo | <input type="checkbox"/> | Instrucciones de seguridad | <input type="checkbox"/> | Planos de diseño del equipo | <input type="checkbox"/> | Manuales de intervención | <input type="checkbox"/> |
| Código                                                                                                                                                    | Descripción                   | Cantidad                         |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
|                                                                                                                                                           |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Permiso de Trabajo                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/>      |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Instrucciones de seguridad                                                                                                                                | <input type="checkbox"/>      |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Planos de diseño del equipo                                                                                                                               | <input type="checkbox"/>      |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Manuales de intervención                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/>      |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Procedimiento de intervención (Adjuntar en la siguiente página)                                                                                           |                               | Tiempo de Ejecución              |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <div></div>                                                                                                                                               |                               | <div>____ hrs ____ min</div>     |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Descripción del servicio realizado                                                                                                                        |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <div></div>                                                                                                                                               |                               |                                  |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Técnico Ejecutante                                                                                                                                        |                               | Supervisor responsable           |                                 |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| <div></div>                                                                                                                                               | <div></div>                   | <div></div>                      | <div></div>                     |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |
| Firma                                                                                                                                                     | Fecha                         | Firma                            | Fecha                           |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |                    |                          |                            |                          |                             |                          |                          |                          |

Figura 3: Formato de orden de trabajo.

### DATOS GENERALES

|                      |                          |                      |                              |
|----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| <b>Departamento:</b> | Mantenimiento            | <b>Responsables:</b> | (Nombre de quien lo realiza) |
| <b>Cargo:</b>        | Técnico en mantenimiento | <b>ID empleado:</b>  | (Número de trabajador)       |

### DATOS DEL EQUIPO

|                              |                                 |                       |            |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------|
| <b>Equipo:</b>               | <b>Banda transportadora MT4</b> | <b>Ubicación:</b>     | Descabece  |
| <b>Marca:</b>                | TYRSA                           | <b>Modelo:</b>        | #MYT421900 |
| <b>Código de inventario:</b> | BTMT4-2-1                       | <b>Estado actual:</b> | Activo     |

### Imágenes de señalización del equipo



### PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| Ítem | Actividad de mantenimiento                               | Sí | No | Comentarios |
|------|----------------------------------------------------------|----|----|-------------|
| 1    | Comprobar el sistema de encendido y apagado.             |    |    |             |
| 2    | Comprobar el acoplamiento para la bomba de agua.         |    |    |             |
| 3    | Comprobar el funcionamiento de movimiento bidireccional. |    |    |             |
| 4    | Comprobar el funcionamiento del elevador.                |    |    |             |
| 5    | Comprobar el funcionamiento de paro de emergencia.       |    |    |             |
| 6    | Limpiar el filtro de agua.                               |    |    |             |
| 7    | Verificar el estado de la cinta transportadora.          |    |    |             |

**Figura 4: Check-list de banda transportadora.**

**DATOS GENERALES**

|                      |                          |                     |                              |
|----------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| <b>Departamento:</b> | Mantenimiento            | <b>Responsable:</b> | (Nombre de quien lo realiza) |
| <b>Cargo:</b>        | Técnico en mantenimiento | <b>ID empleado:</b> | (Número de trabajador)       |

**DATOS DEL EQUIPO**

|                              |                 |                       |           |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------|
| <b>Equipo:</b>               | Tina de llenado | <b>Ubicación:</b>     | Recepción |
| <b>Marca:</b>                | *****           | <b>Modelo:</b>        | ----      |
| <b>Código de inventario:</b> | TLR01-1         | <b>Estado actual:</b> | Activo    |

**Imagen de especificaciones**



**PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO**

| Ítem | Actividad de mantenimiento                | Sí | No | Comentarios |
|------|-------------------------------------------|----|----|-------------|
| 1    | Verificar si se presentan fugas.          |    |    |             |
| 2    | Verificar el funcionamiento del elevador. |    |    |             |
| 3    | Verificar el sistema de encendido.        |    |    |             |
| 4    | Comprobar el funcionamiento de llenado.   |    |    |             |

**Figura 5: Check-list de tina de llenado.**

**DATOS GENERALES**

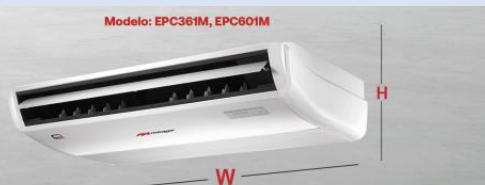
|                      |                          |                     |                              |
|----------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| <b>Departamento:</b> | Mantenimiento            | <b>Responsable:</b> | (Nombre de quien lo Realiza) |
| <b>Cargo:</b>        | Técnico en mantenimiento | <b>ID empleado:</b> | (Número de trabajador)       |

**DATOS DEL EQUIPO**

|                              |                     |                       |           |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------|
| <b>Equipo:</b>               | Piso Techo Inverter | <b>Ubicación:</b>     | Recepción |
| <b>Marca:</b>                | Mirage              | <b>Modelo:</b>        | EPCM361M  |
| <b>Código de inventario:</b> | PTI01               | <b>Estado actual:</b> | Activo    |

**Imagen de especificaciones**

| MODELO                            |           |                           | EPC361M                | EPC601M            |
|-----------------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| CAPACIDAD NOMINAL                 |           | TON                       | 3                      | 5                  |
|                                   |           | kW                        | 11                     | 17.58              |
| CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO         | CAPACIDAD | kW                        | 11                     | 17.58              |
|                                   | SEER      | BTU/h                     | 36,114                 | 60,000             |
| CAPACIDAD DE CALEFACCIÓN          | CAPACIDAD | BTU/Wh                    | 17.64                  | 18.3               |
|                                   | COP       | kW                        | 11                     | 17.58              |
| OPERACIÓN                         |           | CONTROL REMOTO (INCLUIDO) |                        |                    |
| SUMINISTRO ELÉCTRICO              |           | V / PH / Hz               | 230 Vca / 1 PH / 60 Hz |                    |
| FLUJO DE AIRE (H/M/L)             |           | m3/h                      | 1762 / 1559 / 1084     | 2353 / 1749 / 1352 |
| RUIDO (H/M/L)                     |           | dB(A)                     | 54 / 49 / 43           | 55 / 39 / 50       |
| TIPO DE REFRIGERANTE              |           | R410a                     |                        |                    |
| DIÁMETRO DE TUBERÍA               | LÍQUIDO   | PULGADAS                  | 3/8                    | 3/8                |
|                                   | GAS       | PULGADAS                  | 5/8                    | 3/4                |
| DIMENSIONES DE UNIDAD (W X D X H) |           |                           |                        |                    |
| SIN EMPAQUE                       |           | mm                        | 1285 x 675 x 235       | 1650 x 675 x 235   |
| CON EMPAQUE                       |           | mm                        | 1360 x 755 x 313       | 1725 / 755 / 313   |
| PESO NETO / PESO BRUTO            |           | Kg                        | 31.3 / 37              | 46 / 50            |



**PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO**

| Ítem | Actividad de mantenimiento                                        | Sí | No | Comentarios |
|------|-------------------------------------------------------------------|----|----|-------------|
| 1    | Comprobar que no exista fuga de gas refrigerante.                 |    |    |             |
| 2    | Verificar el estado de los soportes.                              |    |    |             |
| 3    | Revisar y verificar posibles obstrucciones en el paso de aire.    |    |    |             |
| 4    | Limpiar el polvo de la rejilla con presión o bien con un cepillo. |    |    |             |

**Figura 6: Check-list de sistema de refrigeración.**

## **CAPITULO IV. RESULTADOS**

La empresa planta de procesos GM S. A de C.V. no contaba con un plan de mantenimiento como tal, por lo cual solo se realizaban reparaciones cuando la avería intervenía o detenía la producción, el mayor interés de la empresa en su momento era el no detener la producción a no ser inevitable, pero en diciembre del año 2022 un incendio en el área de descabece provoco que el interés se convirtiera en formular y establecer un plan de mantenimiento únicamente para las áreas de recepción y descabece, debido a que estas son las áreas de las cuales se despliega el proceso de producción.

En base al diagnóstico inicial realizado por empresa y con ayuda del segundo diagnóstico realizado, se tomó la decisión de elaborar un plan de mantenimiento preventivo para una ejecución programada para los equipos presentes en las áreas de interés, es por eso que se decide establecer el mantenimiento mensualmente para cada uno de ellos. Buscando siempre alargar la vida útil de estos minimizando cualquier falla o avería que llegara a presentarse.

La implementación exitosa de la metodología de mantenimiento productivo total ayudo a mejorar la efectividad de los equipos de las áreas de recepción y descabece, incrementando la eficiencia general, reflejando mejoras en la eficiencia operativa y la sustentabilidad, resultando en beneficio económicos y en ambientes sostenibles para la empresa Planta de procesos GM, S. A. de C.V, en la Planta Gran Mar.

A continuación, se pueden observar los resultados obtenido en el desarrollo del proyecto.

### **4.1 Resultados del plan de mantenimiento preventivo**

En las siguientes graficas se puede apreciar la comparación de los costos realizados por el departamento de mantenimiento antes y despues del diseño y ejecución del plan de mantemiento preventivo.

Tabla 1. Gastos generados por las reparaciones en el periodo Septiembre-Diciembre (2022) en las áreas de recepción y descabece.

|                      | Septiembre | Octubre    | Noviembre  | Diciembre        |
|----------------------|------------|------------|------------|------------------|
| <b>Bandas</b>        | \$ 7500.00 | \$ 2300.00 | \$ 8590.00 | Reparación total |
| <b>Tinas</b>         | \$ 1500.00 | \$ 2800.00 | \$ 900.00  | Reparación total |
| <b>Controles</b>     | \$ 2600.00 | \$ 1600.00 | \$ 1600.00 | Reparación total |
| <b>Iluminación</b>   | \$2000.00  | \$ 2600.00 | \$ 1700.00 | Reparación total |
| <b>Refrigeración</b> | \$ 5000.00 | \$ 5000.00 | \$ 5000.00 | Reparación total |

Tabla 2. Gastos generados por las reparaciones en el periodo Septiembre-Diciembre (2023) en las áreas de recepción y descabece.

|                      | Septiembre   | Octubre    | Noviembre  | Diciembre  |
|----------------------|--------------|------------|------------|------------|
| <b>Bandas</b>        | \$ 20000.00  | \$ 2500.00 | \$ 2500.00 | \$ 2500.00 |
| <b>Tinas</b>         | \$ 10000.00  | \$ 1500.00 | \$ 1000.00 | \$ 1800.00 |
| <b>Controles</b>     | \$ 100000.00 | \$ 5000.00 | \$ 5000.00 | \$ 5000.00 |
| <b>Iluminación</b>   | \$ 80000.00  | \$ 5000.00 | \$ 0.00    | \$ 0. 00   |
| <b>Refrigeración</b> | \$240000.00  | \$ 0.00    | \$ 0.00    | \$ 0.00    |



**Grafica 1: Costos del mantenimiento en los años 2022 y 2023.**

En la gráfica 1 (vea gráfica 1) se puede observar la variación de los costos de mantenimiento de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre de los años 2022 y 2023. En ella se puede apreciar que el mes de septiembre del año 2023 el costo del mantenimiento fue muy elevado, esto es debido que fue el mes en que se realizó el diagnóstico de las áreas para poder establecer el nuevo plan de mantenimiento y además fue el término de las reparaciones de los estragos que causó el incendio que sucedió en diciembre de 2022. Con respecto al año 2022 se puede visualizar que el costo del mantenimiento en cada mes varía, esto se debe a que en algunas ocasiones las reparaciones fueron costosas, mientras que en el año 2023 los meses de septiembre y noviembre el costo se mantuvo debido a que las acciones que se realizaron fueron las mismas, mientras que por el contrario en el mes de octubre el costo del mantenimiento con respecto al mismo año fue un poco elevado debido a que en una de las bandas sufrió un daño que se tuvo que reemplazar casi por completo, destacando que no fue a causa de las acciones de mantenimiento, fue a causa de los encargados de calidad.



***Figura 7. Capacitación al personal de mantenimiento para el nuevo plan de mantenimiento.***

En la Figura 7 (Vea la figura 7), se puede observar el proceso de capacitación al personal de mantenimiento, con base a los nuevos criterios establecidos los cuales fueron la realización de acciones preventivas y correctivas para cada una de las máquinas y equipos de las áreas de recepción y descabece en tiempos de inactividad para no detener el proceso de producción, debido a que la empresa cuenta con proceso sobre pedido el cual debe de cumplir en tiempo y forma.



***Figura 8: realización del proceso de descabece por una trabajadoras del área de descabece.***

se puede observar el proceso de descabece por una de los trabajadores, cabe mencionar que, a los descabezadores, así como el personal del diario se le brindo una capacitación en mantenimiento mínimo para cosas simples, para que al visualizar lo reporten al jefe de área que su vez este lo tiene que reportar al departamento de mantenimiento, para que ellos lo solucionen lo antes posible.



**Figura 9: Monitoreo de las maquinas presentes en el área de descabece por uno de los trabajadores del departamento de mantenimiento.**

se muestra a uno de los trabajadores del departamento de mantenimiento monitoreando las máquinas que se encuentran en funcionamiento en el área de descabece y recepción.

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES             |                                                        |         |                                                    |                          |                        |            |         |           |           |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------|---------|-----------|-----------|
| ITEM                                  | ACTIVIDAD                                              | ECUENC  | RECURSOS                                           | RESPONSABLE              | SEGUIMIENTO            | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA |                                                        |         |                                                    |                          |                        |            |         |           |           |
| BANDAS TRANSPORTADORAS                |                                                        |         |                                                    |                          |                        |            |         |           |           |
| 1                                     | Comprobar el sistema de anclamiento de seguridad       | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 2                                     | Comprobar la presión de las neumáticas                 | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 3                                     | Comprobar el funcionamiento de las frenas              | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 4                                     | Comprobar el funcionamiento del cortacésped            | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 5                                     | Cambiar el aceite del motor                            | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 6                                     | Limpiar el filtro de aire                              | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 7                                     | Substituir el filtro de aire                           | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 8                                     | Substituir el filtro del combustible                   | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA           |                                                        |         |                                                    |                          |                        |            |         |           |           |
| 1                                     | Desmontaje del impulsor                                | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 2                                     | Limpieza e inspección                                  | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 3                                     | Lubricación del balero                                 | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |
| 4                                     | Verificación del sistema en el conector con el líquido | Menrual | Prerupuerta mantenimiento/Materialer /Mano de obra | Técnica en mantenimiento | Programda<br>Ejecutada | 1          | 1       | 1         | 1         |

**Figura 10: Una pequeña parte del cronograma de actividades de mantenimiento.**

se puede observar solo una pequeña parte de las actividades a realizar como parte del manteamiento, debido a que la empresa decidió proteger el nuevo plan de mantenimiento, debido a que en él se encuentra información de operaciones y funcionalidades de su maquinaria y equipos.

## CONCLUSIONES

El aplicar la metodología de mantenimiento productivo total para mejorar la efectividad de los equipos en las áreas de recepción y descabece de la empresa Planta de procesos GM, S. A. de C.V., fue de suma importancia debido que al establecer esta metodología para el nuevo plan de mantenimiento surgieron grandes descubrimientos que beneficiaron al termino del proyecto, los cuales son: la inserción de controles de mando para las dos áreas, además de la modificación del movimiento de las bandas transportadoras de un movimiento unidireccional a uno bidireccional, así como pequeñas modificaciones a los elevadores para el transporte del camarón hacia a las bandas principales y secundarias.

El Diagnosticar el estado actual de la empresa basado en los nueve pilares del mantenimiento productivo total centrándose únicamente en las áreas de recepción y descabece, llevo a la necesidad de abarcar muchos aspectos que van desde la maquinaria, equipos, instrumentos, personal, operarios, tiempo de producción, tiempo de entrega, etc. Para poder adecuar el nuevo plan de mantenimiento a los requerimientos que ocupaban las áreas en cuestión, se realizaron un gran número de cambios, que dan desde pequeñas modificaciones, como lo son el aumento de la altura de la primera línea de bandas, así como a su vez el corte de las aletas del elevador de la segunda línea de bandas, también la creación de carcazas de protección a los motores de ambas líneas, de igual manera se realizaron modificaciones de mayor impacto económico las cuales fueron la adaptación del movimiento bidireccional y la introducción de controles lógico programables para el control de las bandas.

El Diseñar un cronograma de actividades a realizar basado en el diagnóstico inicial de los nueve pilares del mantenimiento productivo total, llevo a la enumeración de las actividades que presentan mayor demanda para su ejecución, y postergando de forma descendente las actividades que no requieren de pronta realización, pero siempre estableciendo un periodo de tiempo para llevarlas a cabo.

El Implementar la metodología TPM, capacitando al personal del área de servicio, resulto mejor de los que se esperaba debido a que anteriormente los mismos operarios daban por enterado a los encargados de mantenimiento que los equipos y máquinas

están presentando una falla o a veces una avería, y por el contrario hoy los operarios pueden resolver algunas de los fallos simples dejando las de mayor complejidad a los encargados de mantenimiento.

El Diseño de formatos y herramientas que se generaron a partir del diagnóstico, permitieron dar un reporte y control de problemas que se presentaron en las áreas que a partir del diagnóstico realizado por la empresa se tomó la decisión que las áreas de recepción y descabece serían las pioneras para la inserción del nuevo plan de mantenimiento, porque, además los formatos diseñados son simples pero a su vez reúnen los requerimientos indispensables para llevar un control de daños, teniendo un registro de los daños y como estos fueron solucionados de cada uno de los equipos presentes en las áreas mencionadas.

El Presentar un análisis de costo-beneficio de la empresa, no resulto el cómo se esperaba debido a que el año 2023 en que se realizó el nuevo plan de mantenimiento fue uno de los peores años en la producción de camarón en el estado de Sinaloa, y a otros factores que tiene que ver con la logística de la distribución, el plan de mantenimiento con tal pudo sustentar que con su optimización garantizo que es viable establecerlo a todas las demás áreas, pero debido a las falta de materia prima por parte de la empresa no se pudo obtener las ganancias obtenidas en comparación con años anteriores, por eso mismo los departamentos de gerencia y manteamiento acordaron implementara y rediseñar el plan de manteamiento para las demás áreas las cuales son: clasificado, frisado, pelado, decorado, empaque, almacén, cocinado, y bodegas, en un periodo no mayor a dos años.

## **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones para este proyecto son las siguientes: los equipos o instalaciones presentes en las áreas de interés deben de estar en constante monitoreo debido a la importancia del proceso de producción para cumplir con los tiempos de entrega.

Un punto importante para destacar en recomendaciones para este plan de mantenimiento sería incorporación de todas las áreas de la empresa Planta de procesos GM S.A DE C.V. así como todos los equipos presentes.

## BIBLIOGRAFÍA

*Breve historia del mantenimiento y sus etapas- MovilGmao.* (2018, 26 abril). MovilGmao.

<https://movilgmao.es/breve->

[historiamantenimiento/#:~:text=El%20Mantenimiento%20nace%20durante%20la,concluy%C3%B3%20entre%201820%20y%201840.](https://movilgmao.es/breve-historiamantenimiento/#:~:text=El%20Mantenimiento%20nace%20durante%20la,concluy%C3%B3%20entre%201820%20y%201840.)

Albornoz, A. (2020, mayo). ¿Cuáles son los diferentes tipos de mantenimiento? appvizer.es.

Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/tipos-de-mantenimiento>

Team, I. (2023, 30 octubre). *Guía del mantenimiento preventivo*. Infrasppeak Blog.

<https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento->

[preventivo/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20mantenimiento%20preventivo,equipo%20mantiene%20su%20capacidad%20operativa.](https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-preventivo/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20mantenimiento%20preventivo,equipo%20mantiene%20su%20capacidad%20operativa.)

Jervis, T. M. (2020, 25 septiembre). *Mantenimiento preventivo: características, tipos, objetivos*.

Lifeder. <https://www.lifeder.com/mantenimiento-preventivo/>

Garrido, S. G. (2018). *Tipos de mantenimiento*. [https://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-](https://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento#:~:text=Un%20Modelo%20de%20Mantenimiento%20es,necesidades%20de%20un%20equipo%20concreto.)

[mantenimiento#:~:text=Un%20Modelo%20de%20Mantenimiento%20es,necesidades%20de%20un%20equipo%20concreto.](https://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento#:~:text=Un%20Modelo%20de%20Mantenimiento%20es,necesidades%20de%20un%20equipo%20concreto.)

Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019).

*Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.*

<https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

*Fracttal, la plataforma de mantenimiento inteligente.* (2024). [Vídeo].

<https://www.fracttal.com/es/que-es-el-tpm-mantenimiento-productivo-total-y-como-implementarlo>

Contreras, G. (2023, 19 enero). *AMEF: evaluación de riesgos y calidad en una sola herramienta.*

Recuperado 5 de febrero de 2024, de <https://www.blog-qhse.com/es/amef-evaluacion-de-riesgos-y-calidad-en-una-sola-herramienta>

*Programa «Gestión del Mantenimiento»* (1.<sup>a</sup> ed., Vols. 10–18). (2017). SENATI.

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/970/1/Planeamiento%20y%20programaci%C3%B3n%20del%20mantenimiento.pdf> (Obra original publicada 2017)

## **ANEXOS**

Por cuestiones de seguridad el Ing. José Antonio López Bobadilla, jefe del departamento de mantenimiento de la planta de procesos GM S. A DE C.V., solicito amablemente que ninguno de los archivos realizados para ejecutar acciones de mantenimiento fueran insertado en este documento.

Con la finalización de este proyecto en base a los resultados se pudo destacar la redacción y publicación de un artículo el cual lleva el mismo nombre del proyecto:

**Optimización del mantenimiento en los procesos de recepción y descabece de camarón de una empresa congeladora de la ciudad de los Mochis, Sinaloa.**

## ANEXO 1: Carta de aceptación de publicación del artículo.



Instituto Tecnológico Superior de Valladolid  
Dirección General

Valladolid, Yucatán, 18/Noviembre/2024

**ASUNTO:** Carta de Aceptación de  
Artículo

A quien corresponda:

Por este medio, el Comité Editorial de la Revista ECTI, EXPERIENCIAS CIENTÍFICAS TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN con número de ISSN: 2954-3746, le comunica que su artículo de investigación que se describe en la tabla

|                             |                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                  | 29                                                                                                                                                 |
| <b>Título del Artículo:</b> | OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LOS PROCESOS DE RECEPCION Y DESCABECE DE CAMARON DE UNA EMPRESA CONGELADORA DE LA CIUDAD DE LOS MOCHIS, SINALOA. |
| <b>Autores:</b>             | 1 Juan Héctor Alzate Espinoza, 3 Raúl Loredó Medina, 2 Cesar Fernando Sánchez Guerrero                                                             |
| <b>Afiliación:</b>          | 1, 3 Tecnológico Nacional de México/ITS de Guasave / Docente.<br>2 Tecnológico Nacional de México/ITS de Guasave / Estudiante.                     |

Ha sido **ACEPTADO PARA PUBLICACIÓN**, el cual fue revisado, evaluado y dictaminado por arbitraje en doble ciego de parte del Comité Científico de la Revista.

El artículo se publicará en el Volumen 4, Número 1, de la Revista ECTI, y podrá ser consultado de manera electrónica en: <https://valladolid.tecnm.mx/ecti>, para ello se requiere que envíe al correo: [cru.itsva3@valladolid.tecnm.mx](mailto:cru.itsva3@valladolid.tecnm.mx) la carta de cesión de derechos a más tardar el 30 de Noviembre de 2024. (Se anexa carta de cesión de derechos).

Se extiende la presente, para los fines que a los interesados convengan, y sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
*Por el Saber Universal y la Grandeza del Espíritu.*



CONSEJO EDITORIAL



Carretera Valladolid – Tizimin, Km. 3.5 Tablaje Catastral No.8850, Valladolid, Yucatán, México  
C.P. 97780 Tel. 985-856-6300 <https://valladolid.tecnm.mx/>

