



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

Reducción de fallas en línea A de una empresa
implementando TPM mediante la metodología DMAIC

T E S I S

PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO EN:

LICENCIATURA EN INGENIERIA EN PROCESOS Y GESTIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

Muñoz Ojeda Sandra

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR MEDINA CRUZ

AGOSTO 2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis seres queridos, a mis padres por apoyarme a cumplir mis metas y culminar esta etapa de mi vida con éxito, gracias infinitas por su apoyo, su amor su dedicación y sacrificios que realizaron para asegurar mi educación, mi felicidad y mi bienestar.

A mis hermanos por brindarme su apoyo moral en esos días que más lo necesitaba, que mi esfuerzo les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

A mis amigos, colegas y compañeros que me brindaron sus consejos y conocimientos para culminar este proyecto. A mi novio por brindarme su apoyo incondicional y acompañarme en esta travesía de principio a fin.

Por último, se la dedico a mi abue chivis que sé que desde el cielo me brinda su apoyo y bendiciones.

Resumen

En el presente trabajo se muestra la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total), en una empresa del sector automotriz dedicada a la fabricación de pistones de bajo y alto impacto específicamente implementado en la línea "A" de producción esto con el objetivo de reducir la presencia de paros por averías de condiciones básicas del equipo como son la limpieza, lubricación, apriete de tornillos etc. Haciendo especial énfasis en el pilar del mantenimiento autónomo para la elaboración de apoyos visuales y listas de verificación. En el desarrollo de este trabajo se tiene como apoyo de la metodología DMAIC para determinar las etapas de desarrollo de la investigación; como lo son definir, medir, analizar, implementar y controlar. Uno de los resultados que tendremos será la implementación de una rutina para el personal operativo con el fin de reducir fallas y paros que impactan en los indicadores del área como el tiempo muerto.

En virtud de los resultados se destaca el gran valor que tienen las herramientas utilizadas y se motiva a seguir siendo utilizadas para las problemáticas que se tengan en la industria actual, es importante valorar que para su éxito se necesita del compromiso y dedicación del área administrativa y operativa.

Contenido

| | |
|--|----|
| Capítulo 1 Introducción | 10 |
| 1. Antecedentes. | 13 |
| 1.1 Historia de la empresa | 13 |
| 1.2 Ubicación Geográfica De La Empresa | 17 |
| 1.3 Misión, visión, valores | 17 |
| 1.3.1 Misión 2020-2023 | 18 |
| 1.3.2 Visión 2023 | 18 |
| 1.3.4 Valores | 18 |
| 1.4 Productos | 19 |
| 1.5. Planteamiento del problema | 19 |
| 1.5.1 Situación actual | 20 |
| 1.5.2 Posibles causas/ causa raíz | 21 |
| 1.6 Objetivos | 22 |
| 1.6.1 Objetivo general | 22 |
| 1.6.2 Objetivos específicos | 22 |
| 1.7 Justificación | 22 |
| 1.8 Hipótesis | 25 |
| 1.9 Alcance | 26 |
| Capítulo 2. Marco Teórico | 27 |
| 2.1 Historia del mantenimiento productivo total TPM | 27 |
| 2.2 Principios del TPM | 28 |
| 2.3 Pilares del TPM | 30 |
| 2.4 Mantenimiento autónomo | 33 |
| 2.5 Implementación del mantenimiento autónomo | 38 |
| 2.5 Lista de verificación | 41 |
| 2.7 Six sigma y DMAIC | 44 |
| Capítulo 3. Marco Metodológico | 47 |
| Capítulo 4. Resultados | 49 |
| 4.0 DMAIC para la implementación de este proyecto | 49 |
| 4.1 Definir | 50 |
| 4.1.1 Diagrama de flujo mantenimiento. | 52 |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| | |
|---|----|
| 4.1.2 Project Charter | 55 |
| 4.2 Medir | 58 |
| 4.3 Analizar | 61 |
| 4.4 Mejorar | 62 |
| 4.4.1 Check list de mantenimiento autónomo | 66 |
| 4.4.2 Ayuda visual | 69 |
| 4.4.3 Capacitación | 73 |
| 4.5 Controlar | 76 |
| 5. Conclusiones | 82 |
| Referencias | 84 |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1. LÍNEA DEL TIEMPO HISTORIA DE TENNECO | 13 |
| ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLOS DE PRODUCTOS DEL ÁREA DE CLEAN AIR | 14 |
| ILUSTRACIÓN 3. TENNECO PERFORMANCE SOLUTION | 14 |
| ILUSTRACIÓN 5. LOGO DRIV | 15 |
| ILUSTRACIÓN 4. DRIVE: RIDE PERFORMANCE / MOTORPARTS | 15 |
| ILUSTRACIÓN 6. PRODUCTOS POWERTRAIN TENNECO | 15 |
| ILUSTRACIÓN 7. LOGO ACTUALIZADO TENNECO | 16 |
| ILUSTRACIÓN 8 LOGO ANTERIOR TENNECO | 16 |
| ILUSTRACIÓN 9. PRESENCIA DE TENNECO EN MÉXICO | 17 |
| ILUSTRACIÓN 10. UBICACIÓN GEOGRÁFICA | 17 |
| ILUSTRACIÓN 11. VALORES TENNECO | 19 |
| ILUSTRACIÓN 12. PRODUCTOS DE TENNECO PLANTA PISTONES PUEBLA, PUE. | 19 |
| ILUSTRACIÓN 13. CONDICIONES ACTUALES. | 21 |
| ILUSTRACIÓN 14. 8 PILARES DEL TPM | 30 |
| ILUSTRACIÓN 15 DMAIC | 44 |
| ILUSTRACIÓN 16. DIAGRAMA DE ISHIKAWA, RAMA MÉTODO. | 62 |
| ILUSTRACIÓN 17 LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES DE LÍNEA A | 63 |
| ILUSTRACIÓN 18 LÍNEA A DESPUÉS DE LAS INTERVENCIONES | 64 |
| ILUSTRACIÓN 19 EJEMPLOS DE INDICADORES VISUALES. | 66 |
| ILUSTRACIÓN 20 CHECK LIST DE INSPECCIÓN | 67 |
| ILUSTRACIÓN 21 AYUDA VISUAL | 70 |
| ILUSTRACIÓN 22. ETIQUETAS DE EQUIPOS A INSPECCIONAR | 72 |
| ILUSTRACIÓN 23. LISTA DE ASISTENTES A CAPACITACIÓN TPM | 74 |
| ILUSTRACIÓN 24. CAPACITACIÓN A PERSONAL OPERATIVO SOBRE EL TPM | 75 |
| ILUSTRACIÓN 25. ETIQUETA DE ANOMALÍAS TPM | 77 |
| ILUSTRACIÓN 26. CONCENTRADO DE FALLAS | 78 |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| | |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 27. BITÁCORA DE MANTENIMIENTO..... | 79 |
| ILUSTRACIÓN 28. INDICADORES DE TIEMPO MUERTO BITÁCORA DE MANTENIMIENTO | 79 |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1. SIGNIFICADO DE TPM..... | 28 |
| TABLA 2 LOS CINCO BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN | 29 |
| TABLA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO | 49 |
| TABLA 4 PROJECT CHARTER..... | 55 |
| TABLA 5 EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO | 56 |
| TABLA 6. TOP DE FALLAS. INTERVENCIONES ACUMULADAS LINEA A | 59 |
| TABLA 7 TOP DE FALLAS, MINUTOS ACUMULADOS | 60 |
| TABLA 8. ELEMENTOS DEL CHECK LIST DEL OPERADOR PARA EL MTTO. AUTÓNOMO | 67 |
| TABLA 9. EJEMPLO DE PLAN DE REACCIÓN A FALLA TPM | 76 |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

ÍNDICE DE GRAFICAS

| | |
|--|----|
| GRAFICA 1. DOWN TIME..... | 23 |
| GRAFICA 2. COMPARATIVO DE FALLAS | 24 |
| GRAFICA 3. TIEMPO MUERTO | 25 |
| GRAFICA 4. CANTIDAD DE FALLAS | 25 |
| GRAFICA 5 DOWN TIME..... | 50 |
| GRAFICA 6. COMPARATIVA DE FALLAS | 58 |
| GRAFICA 7 DIAGRAMA DE GANTT | 60 |
| GRAFICA 8 DOWN TIME MANTENIMIENTO 2023 | 82 |
| GRAFICA 9 DOWN TIME MANTENIMIENTO 2022 | 82 |

Capítulo 1 Introducción

La industria manufacturera es uno de los principales pilares de las economías mundiales, en México representa el 17 % del PIB del país y en términos de industria automotriz México se posiciona como el país latinoamericano con mayor producción de vehículos a motor (Statista Research Department, 2021). Actualmente la industria automotriz es considerada una de las más grandes de las más demandantes con más cambios y evoluciones. En México se tiene presencia de armadoras como: Volkswagen en Puebla, Nissan en Aguascalientes, GM en San Luis Potosí por mencionar solo algunas; estas cuentan con cientos de empresas que las proveen de recursos y otras que se dedican a la exportación. (Pineda, 2019). Dicha industria no solo ha tenido que subsistir pese a las adversidades que nos dejó la pandemia del COVID 19; si no también ha tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías y a la introducción de los autos híbridos y eléctricos. Por eso las empresas se volvieron más autoexigentes para seguir compitiendo con las existentes y las que surjan al pasar el tiempo.

Un aspecto que continuamente persigue a las empresas es el término de productividad y la búsqueda imparable de metodologías o herramientas que apoyen a la búsqueda de dichos objetivos. En este caso uno de los principales aspectos que impiden que una empresa tenga un alto índice de productividad es el tiempo muerto. Este tiempo de inactividad de la operación o de periodo de no disponibilidad para maquinar que tiene una línea de producción. Este término que se presenta por tener acumulación de material, una falla no detectada con anticipación que genere una falla mayor, etc.

En la búsqueda de disminuir este tiempo a lo largo de los años las empresas han definido distintas herramientas. En este caso, hay una herramienta que en los últimos años ha sido muy relevante y hablamos del mantenimiento productivo total, definido como un sistema que apoya la búsqueda de la eficiencia, la competitividad, la disponibilidad y la confiabilidad de

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

los equipos, en especial para empresas con operaciones automáticas y secuenciales.

(Espinosa, 2018)

El TPM ha tenido presencia desde hace años, se tiene idea que esta metodología comenzó alrededor de los 70's en países orientales. Cuando una empresa decide implementar esta herramienta tiene que ser consciente que el personal de varios niveles tiene que incorporarse a este proyecto es por lo que el TPM tendrá que proponer cambios en la cultura laboral de varias áreas entre las que destacan la producción y el mantenimiento teniendo un enfoque de mantener y producir como una sola unidad. El mantenimiento productivo total es una metodología lean manufacturing, que integra conceptos de Six sigma, normas ISO y teoría de restricciones. Diseñada para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones, equipos o sistemas que integren una línea de producción a través del monitoreo de condiciones. Su principal éxito se centra en la estructuración y la implementación del TPM, por lo que estas fases deben diseñarse correctamente para obtener los resultados esperados por ello, se opta por usar DMAIC como apoyo para definir, realizar y monitorear actividades.

Como se menciona el TPM, es una herramienta que proporciona ventajas a una empresa, pero es importante saber que este proyecto necesita un gran control para que su planteamiento sea exitoso, por eso la metodología DMAIC facilita la implementación de este proyecto. DMAIC no es exclusiva de proyectos six sigma también puede ser ocupada para la implementación de proyectos, en este caso será utilizada para desarrollar las fases de implementación del TPM

La principal razón del por qué se eligió DMAIC “sirve de la disciplina y de un formato estructurado basado en una hipótesis” (Macunzo, 2020) de igual forma esta herramienta se encarga de identificar y cuantificar las variaciones en los procesos para posteriormente eliminarlas y controlar el proceso.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

En el presente trabajo se realiza una propuesta para implementar el TPM en una línea de producción de la empresa Tenneco. Por lo que se tiene como objetivo mostrar como impacta la implementación del TPM en el tiempo muerto de una línea de producción, que combinándolo con la metodología DMAIC hará disminuir el número de fallas, el porcentaje de contribución del área de mantenimiento por mencionar algunos de los resultados que son buscados

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

1. Antecedentes.

1.1 Historia de la empresa

Ilustración 1. Línea del tiempo
Historia de Tenneco



Nota. Momentos más importantes de la historia de la empresa Tenneco con fechas, tomado de: <https://www.tenneco.com/who-we-are/our-history>

Tenneco es una empresa actualmente consolidada y con presencia en distintos países, sin embargo, no siempre fue así. En 1930 fue fundada *The Chicago Corporation* dicha empresa dedicada principalmente a brindar servicios de construcción naval, empaque, equipos agrícolas entre otros.

En el año de 1999 Tenneco se consolida como entidad independiente, pasando a través de distintas ofertas públicas, ventas y fusiones que provoca que en la década de los 80's, la compañía toma la decisión de hacer todos sus negocios a un lado y concentrarse en el área de Tenneco Automotive. Dicha área concentrada al diseño y fabricación de producto para el mercado automotriz

Otra fecha relevante que se puede mencionar acerca de la historia de la empresa es que en el año de 2018 Tenneco adquiere Federal Mogul con el fin de consolidarse como una empresa multinacional y duplicar su tamaño. Esta compra permitió a la compañía agregar más de 25 marcas de posventa y un fuerte negocio de tren motriz a su cartera; además, en enero de 2019, Tenneco adquirió Öhlins Racing, una compañía sueca con un historial de más de 40 años de excelencia en el desarrollo de sistemas de suspensión avanzados. Conforme paso el tiempo en el 2020 se reestructura la compañía y se crean 4 grupos empresariales: Clean air, Motorparts, Performance solution, Powertrain; Ver figura 1. Historia de la empresa Tenneco. actualmente tiene presencia a lo largo de la república

y sede en 260 distintos sitios en el mundo.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Clean air: es el grupo empresarial dedicado a la fabricación de sistemas completos de emisiones. Se diseñan y se fabrican soluciones para vehículos ligeros y camiones comerciales o todo terreno y tecnologías habilitadoras que abordan las necesidades del cliente en cuanto a economía de combustible, control de emisiones y rendimiento acústico. En la figura 2 se muestran algunos de los productos de este grupo.

Las principales actividades de este grupo es el **control de emisiones** mediante una unidad térmica de arranque en frío; **Ahorro de combustible** mediante tecnologías que permiten que el vehículo recicle los residuos y los convierta en energía; **Rendimiento acústico**. Tenneco en esta área desarrolla soluciones innovadoras en diseño de sonido para sistemas de escape, ayudando a definir el sonido característico de la marca de estos vehículos.

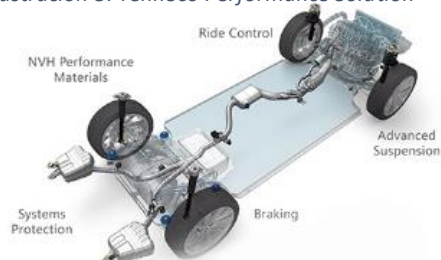
Ilustración 2. Ejemplos de productos del área de CLEAN AIR



Nota. Ejemplos de productos fabricados en el área de CLEAN AIR de la empresa Tenneco. Tomado de Tenneco (2022). <https://www.tenneco.com/products-brands/clean-air>

Performance solution: esta unidad tiene como objetivo mejorar el rendimiento en automóviles, camiones comerciales hasta ferrocarriles. Dicho grupo se subdivide en 3 unidades de negocios Advanced Suspension Technologies, Ride Control, Braking and NVH Performance Materials business.

Ilustración 3. Tenneco Performance Solution



Nota. Imagen ilustrativa del área de Performance Solution de la empresa Tenneco. Tomado de: Tenneco (2022) <https://www.tenneco.com/PerformanceSolutions>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Motorparts:

También conocido con DRIV es la división de Tenneco encargada de diseñar y fabricar productos y servicios especializados para vehículos ligeros y comerciales. Así mismo se subdivide en Motorparts y Ride performance. Motorparts se encarga de servicio postventa de multimarca principalmente accesorios para vehículos. Por otra parte, Ride performance se encarga de distribuir equipos originales de suspensión y frenado. Algunas de las marcas que constituyen esta área son: Monroe, Walker, Champion, Fel-Pro, MOOG, Wagner, Öhlins, Rancho, Thrush, National, Sealed Power, solo por mencionar algunas.

Ilustración 5. Logo DRIV



Nota. Logo del área de Tenneco Motorparts-DRIV

Recuperado de: <https://www.driv.com/>

Ilustración 4. Drive: Ride performance / Motorparts



Nota. Imágenes ilustrativas referentes a las áreas de DRIV recuperado de: <https://www.driv.com/brands-products.html>

Powertrain: diseña, desarrolla y fabrica componentes de equipos originales y tecnologías innovadoras que ayudan a los diseñadores de motores a cumplir con los requisitos cada vez más exigentes de los clientes Ya sea para gasolina, Diesel, combustible alternativo o aplicaciones eléctricas e híbridas. Dicha unidad es la encargada de diseñar y fabricar anillos de pistón, pistones, camisas de cilindros, válvulas etc. De igual forma se encarga de brindar soluciones tecnológicas para vehículos híbridos.

Ilustración 6. Productos Powertrain Tenneco



Nota. Ejemplos de productos producidos por el área de POWERTRAIN de la empresa Tenneco. Tomado de Tenneco (2021) <https://www.tenneco.com/products-brands/powertrain>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

TENNECO planta pistones anteriormente Federal Mogul perteneciente al área de powertrain es una empresa ubicada en la ciudad de Puebla en el parque industrial 2000 dedicada a la fabricación de pistones para cliente autos ligeros, ligeros a Diesel, camiones y maquinaria pesada los principales clientes son GM, VW, VOLVO, CUMMINS JHON DERE entre otros. Dicha planta está conformada por 3 unidades de negocio LVD, AUTOMOTIVE Y HEAVY DUTY cada una con sus propios clientes y con procesos productivos adaptados a sus clientes.

Ilustración 7 Logo anterior Tenneco

TENNECO
POWERTRAIN



Ilustración 8. Logo actualizado Tenneco

TENNECO

Nota. Tomado de: Tenneco 2021 <https://www.tenneco.com/>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

1.2 Ubicación Geográfica De La Empresa

Ilustración 9. Presencia de Tenneco en México

Presencia en 8 estados

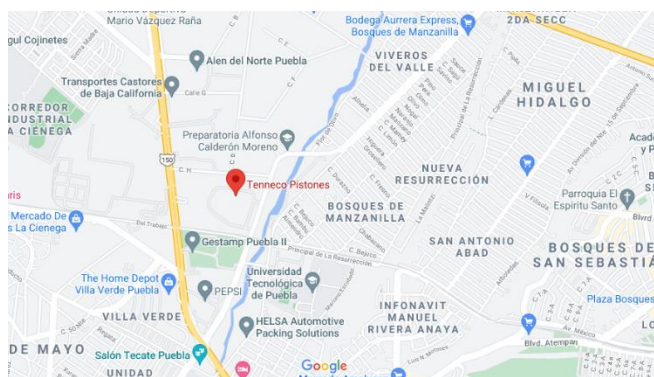
- Aguascalientes
- Ciudad de México y Estado de México
- Chihuahua
- Guanajuato
- Querétaro
- Puebla
- Tamaulipas



- Clean air ■
- Performance solutions ■
- Motorparts ■
- Powertrain ■

Nota. Mapa con la representación de Tenneco en México. Adaptado de información Tenneco 2021 [ilustración], por Tenneco 2021.

Ilustración 10. Ubicación geográfica



Nota. Ubicación geográfica de Tenneco planta pistones. Tomado de <https://goo.gl/maps/ndxLXts5qrcTnjTdA> . consultado octubre de 2022.

Carretera Resurrección No 73 Camino a Manzanilla, Puebla, Puebla

1.3 Misión, visión, valores

En este apartado se encuentran la misión, visión y valores que identifican a Tenneco en el periodo de 2020 a 2023.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

1.3.1 Misión 2020-2023

“Trascender con un gran talento humano elaborando Pistones para la industria automotriz, como socios de negocio de excelencia, emprendiendo nuestro camino a través de la innovación intelectual y tecnológica, la inclusión, generando bienestar personal y social, protegiendo nuestro planeta y creando valor.” (Tenneco 2020)

1.3.2 Visión 2023

“Para 2023, ser la planta de pistones referente del grupo Tenneco buscando un mejor mañana, potencializando el talento para ganar como equipo, fomentando equilibrio en la vida de nuestros colaboradores, asegurando la satisfacción de nuestras partes interesadas y fomentando relaciones a largo plazo teniendo como base nuestro valor de integridad siempre.” (Tenneco 2020)

1.3.4 Valores

En Tenneco se identifican con valores que rigen su forma de trabajo.

Integridad siempre:” porque es la base de tofo lo que hacemos y de cómo lo hacemos.”

Un equipo: “No importa lo que encontremos en el camino, siempre debemos apoyarnos mutuamente... “

Mejorar el mañana: “Siempre existe la oportunidad de Mejorar el Mañana, y es nuestra responsabilidad hacer que eso suceda.”

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Voluntad de ganar: “tenemos un deseo incansable de ser los mejores”

Ilustración 11. Valores Tenneco



Integrity Always

- Do the right thing the right way
- Speak up
- Own it



One Team

- Take care of each other
- Embrace our differences
- Succeed together



Make Tomorrow Better

- Turn problems into solutions
- Create what's next
- Passion to learn



Will To Win

- Seek flawless execution
- Create customer fans
- Make a difference

Nota. Valores de Tenneco en ingles Tomado de: 2021 <https://www.tenneco.com/>

1.4 Productos

Dedicada a la fabricación de pistones de aluminio y hierro para distintos clientes finales entre los que se encuentran GM, VW, VOLVO, CUMMINS JHON DERE entre otros. Se producen pistones de aluminio para Diesel, gasolina y Monosteel de Diesel destinado para maquinaria pesada.

Ilustración 12. Productos de Tenneco planta pistones Puebla, PUE.



Nota. Productos Tenneco planta pistones. Pistones de distintas áreas. Tomado de: <https://www.tenneco.com/products-brands/powertrain/large-bore-engine/lbe-pistons>

1.5. Planteamiento del problema

¿Cuántas fallas se han de reducir en línea A de ser implementado el TPM con ayuda de la herramienta DMAIC?

A continuación, se explicará cual es la situación actual por la que pasa la empresa y de qué forma esto ha provocado que se tengan indicadores altos (tiempo muerto, MTTR Y MTBF)

¿Cuál es el impacto de la implementación del TPM en el tiempo muerto y número de fallas de la línea de producción?

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

1.5.1 Situación actual

En el área de Maquinado en los últimos meses se han presentado muchas fallas que han provocado que los indicadores de tiempo muerto de mantenimiento sean altos y sobrepasen lo esperado o la meta que es igual al 3,5 % máximo de contribución.

Cuando los indicadores nos proporcionan datos muy altos fuera de nuestro objetivo, tendremos llamadas de atención por parte del área de producción, debido al OAE.

El OAE que es igual a la disponibilidad/ eficiencia nos indicara el porcentaje de todo lo programado que tan eficiente fue y en qué porcentaje se está cumpliendo. Cuando un equipo hace paradas pequeñas o grandes, este indicador se verá afectado, por eso se debe considerar que cuando un equipo se avería y no se atiende adecuadamente toda la línea sufre afectaciones.

Principalmente la problemática se sitúa en el área de maquinado del pistón en dicha área se cuenta con 6 líneas activas. Cada una con un mínimo de 5 operaciones. Como se sabe se cuenta con tiempo programado para la producción, sin embargo, en ocasiones no se ha cumplido con el OAE por la aparición de fallas en las maquinas e intervenciones muy tardadas. Hay que recordar que el proceso para un mantenimiento correctivo es: diagnóstico y la atención a la falla. Dependiendo la situación uno puede ser más tardado que el otro, por lo que no hay un tiempo estimado de reparación.

En el recorrido por cada una de las líneas se pudo notar como en su mayoría los maquinas están sucias, llenas de rebaba, no se cuenta con filtros en motores y climas, y que muchos de los equipos que están destinados a una revisión de condiciones, como presiones

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

(manómetros), nivel de soluble o aceite están dañados, esto provoca que no se puedan monitorear las condiciones de las operaciones y se tengan fallas que se pueden prevenir.

Ilustración 13. Condiciones actuales.



Nota Condiciones actuales de línea A de maquinado, donde se muestran equipos deteriorados, rotos o averiados. (2022)

1.5.2 Posibles causas/ causa raíz

En esta fase fue necesario inspeccionar aspectos físicos y metodológicos. En la primera parte nos encontramos con equipos en mal estado, con actividades como recuperación de niveles de aceite etc., colocación de filtros sin personal designado a cargo de estas actividades, que provoca que hasta que se alarme la máquina se realiza la operación. En la parte del sistema encontramos un enfoque al mantenimiento correctivo que al preventivo o predictivo y por ende los equipos se presentan llenos de suciedad, rebaba, fugas de aceite o soluble, equipos descompuestos o dañados. También se encontraron que no se cuentan con planes de reacción, instrucciones de trabajo o ayudas visuales que ayuden a los involucrados a solucionar fallas repetitivas de manera más fácil.

Del 1 de enero al 31 de agosto del 2022 se atendieron unos 2581 en el área de los cuales la línea A supero a las demás con 541 fallas, siendo abril el que presento más intervenciones correctivas. En esta primera parte del análisis solo se toman el número de incidencias para analizar cuáles fueron las fallas que tuvieron mayor repetibilidad y que podemos atacar mediante el TPM.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Después se realizó el análisis del tiempo muerto y de igual forma el resultado arrojaba a la **línea A** con el mayor tiempo de afectación a tiempo programado de producción con un estimado de 32,822 minutos de tiempo muerto o afectación por línea parada a causa de fallas/intervenciones correctivas a operaciones de *línea A*.

1.6 Objetivos

Por las razones mencionadas anteriormente es que se definen los siguientes objetivos:

1.6.1 Objetivo general

Implementar herramienta TPM para la disminución del tiempo muerto utilizando la herramienta DMAIC para el desarrollo del proyecto.

1.6.2 Objetivos específicos

- Conocer cuál es el impacto de la implementación del TPM en el tiempo muerto y el número de fallas de la línea A con ayuda de la metodología DMAIC.
- Implementar el TPM nivel 1 en línea A y estandarizar proceso para implementar en las líneas restantes o áreas hermanas.
- Mejorar el rendimiento de los equipos cotidianamente y evitar desperdicios.
- Maximizar la capacidad de las instalaciones.
- Establecer un método de monitoreo de resultados.

1.7 Justificación

El requerimiento de implementar una metodología TPM viene de una fuente específica; como parte de la certificación de la norma IATF 16949 la cual nos indica de qué manera tiene

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

que funcionar la empresa para cumplir y tener un sistema de gestión de calidad en la automoción, en la cual nos menciona en el punto 8.5.1.5 lo siguiente:

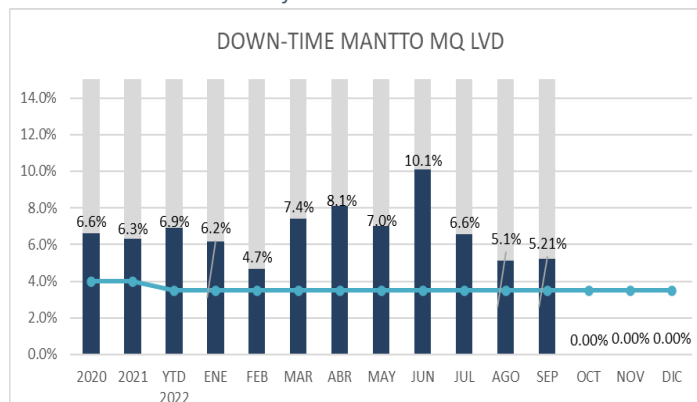
“La organización debe desarrollar, implementar y mantener un sistema de mantenimiento productivo total documentado”.

En dicho apartado nos menciona que aspectos son los necesarios para cumplir este punto de la norma, donde nos menciona que deberá de haber: “revisión regular del plan y los objetivos de mantenimiento y un plan de acción documentado para implementar acciones correctivas cuando los objetivos no se logren”. De esta norma en donde surge la necesidad de llevar un plan de mantenimiento con métricas y con la utilización de métodos.

Como parte de la definición del proyecto se opta por utilizar la metodología DMAIC para la definición de las etapas del programa a desarrollar. La principal característica por la que se eligió esta herramienta es porque su objetivo es buscar la optimización y mejora de los procesos.

Siendo parte de la herramienta DMAIC en el análisis o planteamiento del problema se detecta que lo principal es aumentar la disponibilidad de los equipos utilizados para realizar la producción. Por esta razón es que se opta por unir la herramienta TPM y DMAIC con el fin de cumplir los objetivos propuestos.

Grafica 1. Down time



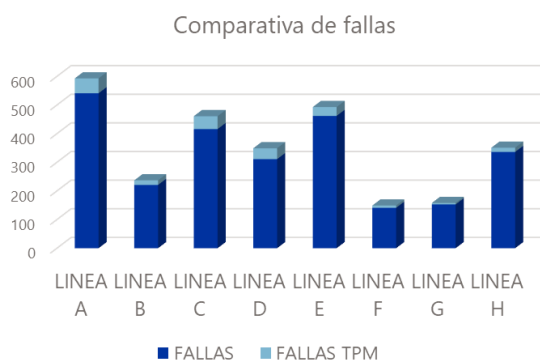
Nota. Tiempo muerto, porcentaje de contribución mantenimiento maquinado. Esta tabla muestra el porcentaje de contribución del área en años anteriores y en los meses pasados el presente año. Avendaño C. (2022)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Como podemos observar en lo que va del año no se ha cumplido con la meta de tiempo muerto, representados en la Grafica 1, en el periodo comprendido de enero a agosto observamos que no se ha cumplido con la meta establecida por el área. Se observa una pequeña mejora en algunos meses, pero se sigue sin estar muy cerca de la meta.

Lo que se busca con la implementación del TPM es reducir la contribución de paros provocados a eventos relacionados a actividades de TPM o que se pudieran evitar implementando dicha metodología, tales fallas se explicaran más adelante.

Grafica 2. Comparativo de fallas



Nota. Fallas totales que se han presentado en mantenimiento hasta agosto del 2022 y que porcentaje de fallas podrían evitarse. Autoría propia (2022)

Se investiga y se obtienen resultados a través de la bitácora de actividades proporcionada por mantenimiento véase Tabla 2. Se encuentra que, de las fallas totales, en lo que va del año hay un porcentaje considerable de actividades que podrían reducirse e incluso eliminarse.

- Fugas
- Tolvas rotas o dañadas
- Cambio de filtro
- Cortinas de luz
- Temperatura elevada de clima
- Fuga de soluble
- Seguridades

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- Bajo nivel de aceite o soluble

Se cree que estas fallas pueden ser reducidas o eliminadas ya que podrían evitarse si se implementara el TPM, para recordar esta metodología se basa en que el personal ejecute actividades de control y seguimiento de estatus de la operación. Como se sabe no todos los equipos se aptos para estas actividades de monitoreo y como la misma herramienta lo explica se deben de concentrar los esfuerzos en

Por esta razón se opta por comenzar a buscar opciones que ayuden a la empresa a reducir fallas y a su vez el Down time. En la búsqueda se encuentra con la herramienta del TPM en específico con el pilar del mantenimiento autónomo, este se adapta a la detección temprana de fallas, al delegar algunas operaciones al personal operativo se puede disminuir la cantidad actual de fallas generadas.

1.8 Hipótesis

El tiempo muerto y la cantidad de fallas de la línea A de la empresa Tenneco va a reducir una vez que se implemente el TPM utilizando la metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto.

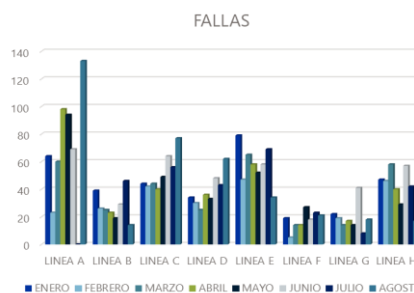
Se podrá detectar de manera autónoma los componentes o equipos que se dañan continuamente y poder atender estas fallas antes de que escale a una falla más grande que represente una intervención mayor y representativas en cuanto a tiempo muerto se habla.

Grafica 4. Tiempo muerto



Nota. Porcentaje de fallas por la línea de enero a agosto del 2022

Grafica 3. Cantidad de fallas



Nota cantidad de fallas generadas de enero a agosto de 2022 en comparativa con las líneas totales.

1.9 Alcance

Medir el impacto de la implementación del TPM utilizando la metodología DMAIC en el tiempo muerto de la línea A (alcance correlacional). Se propone comenzar la implementación en línea A debido a que del tiempo muerto total capturado por mantenimiento es la línea con Down Time más alto de igual forma se interpreta que es la línea con más fallas.

Capítulo 2. Marco Teórico

Con el propósito de desarrollar de forma correcta esta investigación es este apartado encontraremos la información teórica necesaria para entender y desarrollar el trabajo y las bases para la solución adecuada.

A continuación, se presentarán los antecedentes, los principales conceptos, las metodologías y herramientas que sustentarán esta investigación.

2.1 Historia del mantenimiento productivo total TPM

La presencia del TPM comienza aproximadamente en la década de los 50's, donde se comienza a tener mayor maquinaria y se toma en cuenta la importancia que estas tenían en el proceso igualmente se comienzan a generar ideas sobre el mantenimiento, esto provocado por la forma de trabajar de ese momento que se basaba en intervenir un equipo hasta que este se dañara y no se tuviera otra opción que intervenirlo de emergencia y que incluso esta forma de trabajo fue nombrada "mantenimiento de roturas."

Después surgen ideas sobre el mantenimiento programado, planeado o preventivo que no estaba bien definido en este punto, pero se empezó a tener en la mente a las empresas como quien consistía en detectar y tratar las anomalías de los equipos antes de causar defectos o perdidos. En la década de los 70's específicamente en el año de 1971 es cuando el termino TPM se registra ante el instituto japonés de mantenimiento de plantas (JIMP) (Valbor soluciones, 2019)¹ la principal razón por la que esta herramienta surge en el oriente; que para esos años los japoneses se encontraban en la búsqueda de ser cada vez más automatizados

¹Soluciones, V. (2023, 10 marzo). HISTORIA DEL TPM: ORIGEN, DIFUSIÓN y DESARROLLO. Valbor Soluciones. <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/origen-y-desarrollo-del-tpm/>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

en conjunto con una producción JIT que fue lo que incentivo al área de mantenimiento a generar ideas sobre el manejo de los equipos y sus averías

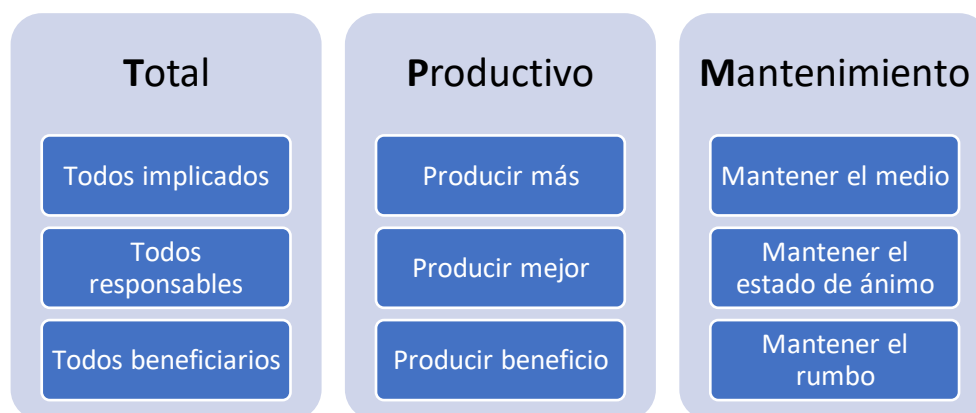
Algunos autores como Venkatesh mencionan que el mantenimiento productivo total comenzó con la idea de “Total Member Participation” o traducido al español como participación total de los miembros y que se abreviaría TPM, dicho autor menciona que el TPM comenzó con esta idea de tener una participación total del personal siendo este el pilar más importante del mantenimiento y que sería considerado más adelante como uno de los aspectos más importantes para la implementación o el éxito del TPM

Ya comenzando la década de los 90’s se presenta un mantenimiento más enfocado en la eliminación de los desperdicios y perdidas que se puedan generar a las distintas áreas de una empresa todo esto con apoyo del TPM.

2.2 Principios del TPM

La principal característica de la herramienta del TPM es la solicitud de participación de personal de distintos niveles, principalmente del área productiva ya que serán quienes aporten la mayor parte del trabajo o de las actividades destinadas (mantenimiento autónomo),

Tabla 1. Significado de TPM



Nota. Adaptación. Significado de las siglas TPM. Instituto tecnológico de castilla de león. Instituto tecnológico de Castilla de León. TPM (Total Productive Management) (2008) Referencia: <http://www.itcl.es/ificheros/TPM.pdf>

seguiríamos con las jefaturas como mando intermedio y por último con la gerencia quien

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

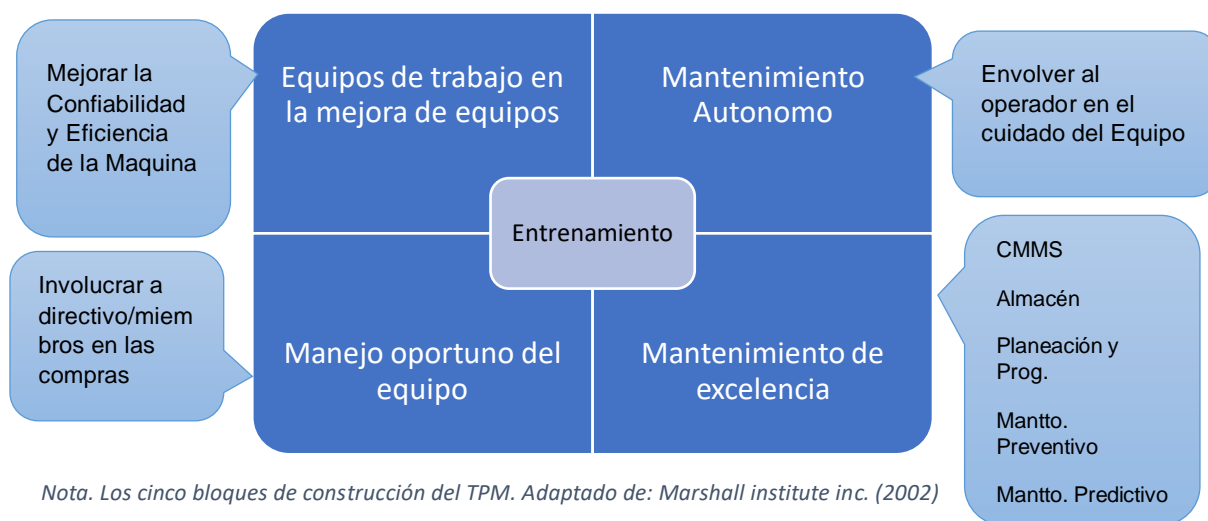
también participara al revisar los avances y autorizar las actividades que se dispongan. Por estas razones existen autores que definen al TPM con ciertos enunciados como se observa en la Tabla 1.

Teniendo esto en cuenta el padre del TPM Nakajima nos dice que se cuentan con ciertos principios que hay que cumplir:

- Contar con efectividad total o maximizar la efectividad de los equipos
- Tener un sistema de mantenimiento total que nos proporcione un programa de mantenimiento que alargue la vida útil de los equipos
- Implementar programas de operaciones y mantenimiento en conjunto con el área de ingeniería.

Hacer que todos los empleados que tengan que colaborar se integren en un solo equipo o como se mencionó antes que se tenga Participación Total de los Empleados. (Nakajima, 1988, p. 10).² Teniendo esto en cuenta hay 5 aspectos importantes se tiene que tomar en cuenta para formar un equipo de trabajo basado en la mejora.

Tabla 2 Los cinco bloques de construcción



Nota. Los cinco bloques de construcción del TPM. Adaptado de: Marshall institute inc. (2002)

²Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM (Total Productive Maintenance). Productivity Press.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

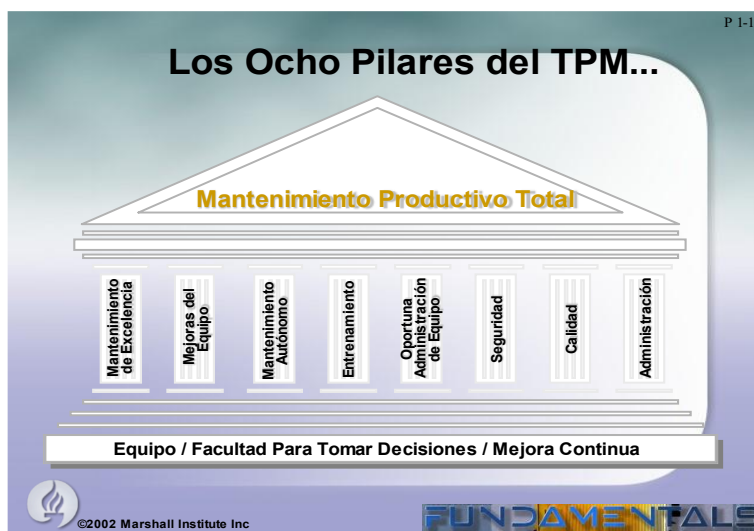
Como podemos observar la principal acción que se menciona es el entrenamiento en este punto es donde entra el personal operativo ya que si este no cuenta con el conocimiento adecuado y las herramientas que le faciliten la realización de las actividades el TPM no tendrá los resultados esperados. Por eso es importante que este proyecto necesite colaboración de distintas áreas y niveles de la empresa.

De igual forma se cuentan con pilares que ayudan a describir cada uno de los aspectos que considera al mantenimiento productivo total

2.3 Pilares del TPM

Los pilares del TPM son considerados la base de la metodología sin que estos existieran no se podrían lograr los objetivos esto se debe a que nos indican que acciones seguir para reducir las fallas o perdidas que presente un proceso, pero ¿Cuáles son estos pilares? La ilustración 11 nos indican que en total son 8 pilares:

Ilustración 14. 8 pilares del TPM



Nota. Ocho pilares del mantenimiento productivo total, imagen obtenida de Marshall institute Inc. (2002)

Es probable que alguno de los pilares cambie de nombre según el autor que se consulte, sin embargo, la esencia u objetivos de cada uno de los puntos sigue siendo la misma. A continuación, habrá una pequeña descripción de cada uno de ellos:

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- Mantenimiento de excelencia / prevención del mantenimiento

Se basa en la planificación e investigación de nuevas máquinas o procesos que pueden utilizarse en nuestra organización, para ello se deberá enfocar en el diseño, construcción o puesta a punto de los equipos, verificar los nuevos proyectos, realizar y evaluar las pruebas de operaciones y ver la instalación y el arranque del equipo.

- Mejoras del equipo / mejoras enfocadas:

En este punto tendremos actividades que ayuden a desarrollar las intervenciones de las áreas involucradas para esto necesitaremos de un equipo que cuente con una buena organización y con integrantes multidisciplinarios buscando maximizar la efectividad global del equipo proceso y planta esto según Gómez Santos (2011).³

- Mantenimiento autónomo:

En este pilar se necesita la participación del personal operativo designado algunas actividades que podrían ser desde muy básicas como limpiar la máquina, cambiar filtros hasta cambiar un manómetro o una intervención menor. Esto se basa en que el operador necesita tener conocimientos para dominar las condiciones del equipo y puedan entender la importancia que tiene mantener un equipo en óptimas condiciones y comiencen a generar conocimientos.

- Entrenamiento / formación:

Como se ha mencionado a lo largo del trabajo una de las principales características del TPM es el cambio de cultura laboral. Y como puede haber un cambio en la forma de pensar sin un proceso de educación como menciona Gómez Santos. Por eso es uno de los pilares más

³Gómez Santos, C. (2011). Mantenimiento Productivo Total. Una visión global. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/425543887/Mantenimiento-Productivo-Total-Una-Vision-Global>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

importantes y donde puede haber más errores. Por esto, el operador debe entrenarse para desarrollar habilidades, entre las que destacan: detectar e identificar problemas en los equipos para ello, deberá saber cuál es el funcionamiento, los mecanismos y las características de calidad.

- Oportuna administración de equipo / mantenimiento planificado /

La base de este pilar recae en la recolección y análisis de datos. ¿Como se puede tener una correcta planificación?

Se necesitan distintos aspectos para llevar a cabo una buena planificación. Para empezar, se debe de conocer los equipos, en esta parte es importante recolectar información donde se pueda conocer cuáles son las condiciones actuales, los planes de mantenimiento de fábrica y la tendencia de fallas si es que existiera. Esto para reducir las averías, defectos de producción, tiempo muerto, etc. Tras la recolección de datos se necesita un análisis donde detectemos los puntos más importantes del funcionamiento del equipo y sobre estos resultados junto con el equipo de trabajo se pueda realizar el plan de mantenimiento.

Deberá contener, frecuencia, lista de actividades o procedimientos, herramientas o recursos necesarios, equipo de trabajo necesario para realizar las actividades y el tiempo estimado de intervención por la disminución de costos, tiempos y aumento de la disponibilidad.

- Seguridad y entorno

Este pilar funciona entorno a “cero accidentes”. Por esta razón en este punto se debe de desarrollar estudios de operatividad, estudios de prevención de accidente, estudios de tiempos y movimientos de las operaciones, todo esto para obtener análisis de riesgos de seguridad. Para este punto se necesitará una revisión y modificación continua, cada falla en el proceso o accidente se deberá evaluar las condiciones y seguir mejorando el análisis de riesgo de la

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

mano de la capacitación o formación de los involucrados (personal operativo, técnicos, ingenieros etc.).

- Calidad / mto. De calidad

Recordemos que el aspecto más importante de una empresa es entregar productos de calidad, para ello se crea el pilar de mantenimiento de calidad y se mejorarán las condiciones del producto reduciendo la variabilidad, pues se requerirán controles para verificar las condiciones del equipo y sus componentes se necesitará considerar las tolerancias y defectos que se pueden tener en cuenta y que se tienen en cada proceso, cuando se tenga esta información se podrá detectar si fallas generadas por un problema de la máquina.

- Administración / actividades de departamentos administrativos y de apoyo:

Por último, en esta parte se definen las condiciones del equipo en un punto donde el “cero defectos” es factible y que acciones de mantenimiento de calidad verifican y miden dichas condiciones todo esto con el fin de que el equipo se concentre en desarrollar actividades que faciliten a la operación a no generar productos con defectos de calidad

2.4 Mantenimiento autónomo

A continuación daremos una explicación más detallada de este pilar ya que será el que tenga más peso en el desarrollo de este proyecto, como se mencionó anteriormente este pilar se define por delegar ciertas actividades al operador con el fin de cumplir con tareas rutinarias de carácter preventivo se deben de realizar periódicamente, las actividades consideradas son inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas o piezas,

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

analizando posibles mejoras que solucionen problemas para mantener al equipo en las mejores condiciones.

Es importante destacar que cualquier actividad de mejora que se establezcan harán que se alargue la vida del equipo, reducirán las fallas, el tiempo de diagnóstico y el tiempo de intervenciones y como se harán estas actividades se realizaran de la mano del personal operativo ya que este es el que tiene la primera interacción con el equipo, por esta razón es que juega un papel muy importante en la implementación del mantenimiento autónomo.

Por esto es por lo que Producción / personal operativo debe de centrarse en las siguientes actividades, según lo indica por Tokutaro Suzuki, en el libro *TPM en industrias del proceso* (1996)

- Evitar el deterioro: operar de manera correcta el equipo, realizar los ajustes necesarios de manera correcta, llevar un registro del mantenimiento
- Medir el deterioro, realizar una inspección diaria o periódica
- Predecir y restaurar el deterioro: realizar pequeños servicios de emergencia

Mientras tanto el equipo de mantenimiento deberá de proporcionar y facilitar los siguientes aspectos, ellos siendo la parte experta en la operación, manejo y cuidado del equipo Tokutaro Suzuki (1996)⁴:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección
- Facilitar formación en técnicas de lubricación, así como estandarizar estos procedimientos
- Tratar rápidamente el deterioro de los equipos

⁴Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*. Routledge.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- Como trabaja el equipo
- Riesgos existentes en la operación
- Impacto del funcionamiento inadecuado del equipo
- Parámetros que aseguran la calidad del producto

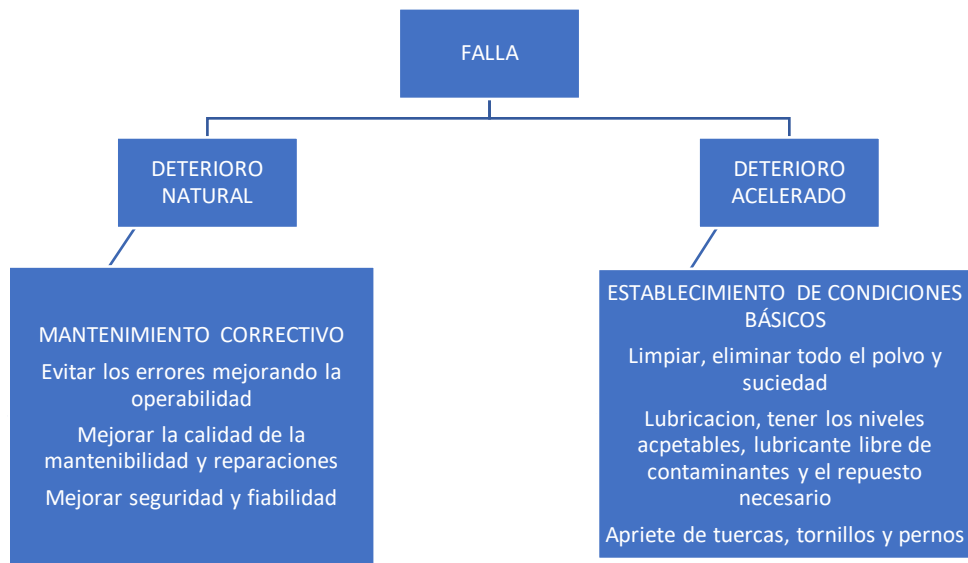
Una vez que se conoce cuáles son las responsabilidades de cada uno es necesario identificar cuáles son las condiciones básicas que toda maquinaria deber de tener:

- Maquina limpia
- Maquina lubricada
- Maquina ajustada
- Maquina sin defectos que afecten el funcionamiento

Entonces una maquina debe de tener estas características para estar en punto de uso y como es que lograra esto es teniendo el trabajo conjunto del área de mantenimiento y de producción, teniendo la maquina en este estado se llegara a tener menos fallas, menos problemas e incluso menos producto defectuoso, aun así, se debe de tener presente que toda máquina llega a un desgaste natural pero que estas acciones harán que este desgaste sea lento.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Diagrama 1. Tipos de deterioros



Entonces como es que haremos que esto funcione, con 2 actividades que van de la mano la limpieza y la inspección.

Limpieza: esta jugará un papel importante en el mantenimiento autónomo, pero en qué consistirá la limpieza, esta será remover todo polvo, suciedad, grasa, aceite o algún contaminante que pueda adherirse al equipo y sus elementos y como es que se mantiene un equipo limpio

Limpiando periódicamente incluso diaria, ordenar limpiezas profundas en las que se pueda hacer una limpieza más exhaustiva del equipo, pero, sobre todo, eliminar estas fuentes de contaminación o hacer que contaminen lo menos posible y así, harán que el deterioro de las máquinas se disminuya.

Inspección: otro punto importante es la inspección, con esto nos referimos a identificar las deficiencias y para que esta actividad sea más fácil de realizar se necesita saber cuál es la forma adecuada en la que debe de estar el equipo.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Se tienen que encontrar defectos visibles o invisibles aquellos como holguras, buscar poleas, correas desgastadas, detectar filtros sucios, bloqueados. También se debe de asegurar que los aparatos de medición operen de manera correcta.

Incluso hay autores como Tokutaro Suzuki (1996)⁵ que nos enuncian ejemplos o puntos que pueden disponerse a una inspección, nos menciona que debemos de checar:

- Pernos y tuercas
- Lubricación
- Sistemas de transmisión
- Sistema hidráulico
- Sistemas neumáticos
- Sistemas eléctricos
- Aspectos generales

Ahora sabemos lo que cada área debe de realizar, pero que es lo que nos ayudara a implementar este pilar. Existen algunas herramientas:

- *Listas de verificación:* documento o formulario (física o digital) en que se enlistan tareas de mantenimiento a realizar, es muy importante contar con este documento ya que nos ayudara al registro del cumplimiento de las actividades, así como con estas se pueden estandarizar el proceso y asegurar el funcionamiento.
- *Gráficos de control:* herramienta estadística utilizada para detectar patrones y controlara la variabilidad de los procesos, en este caso un gráfico nos ayudaría a detectar, prevenir o solucionar averías pequeñas que nos eviten alguna falla más grande.

⁵Suzuki, T. (1994). TPM in Process Industries. Routledge.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- *Análisis de causas raíz*: es una herramienta clave usada para detectar problemas e identificar la causa principal que provoca estos problemas.
- *Planes de mantenimiento preventivo*: este plan tendrá que conformarse por tareas o actividades de prevención de control, con actividades que garanticen el correcto funcionamiento, que sean de calibración y que aseguren que el operador trabajará de manera segura.
- *Ayudas visuales*: alguna imagen, foto, diagrama o diseño ilustrativo que ayude a identificar ciertas características. En este caso podría utilizarse para señalar las condiciones adecuadas en las que tienen que estar cada 1 de los elementos a inspeccionar de esta forma es más fácil para el personal detectar estos errores y reportarlos.

2.5 Implementación del mantenimiento autónomo

Con el conocimiento y las bases de lo que nos apoya a desarrollar el programa del TPM llega el momento de la implementación, en este paso debemos de saber cuáles son los pasos para la implementación y que cada 1 necesita de sus herramientas, como lo menciona fulanita si se sigue un proceso de paso a paso la adopción de este procedimiento al sistema actual será más fácil de incorporar ya que se delimitan las actividades por realizar facilitando la ejerció, por eso es importante conocer claramente estos pasos

Explicado por el autor Tokutaro Suzuki (1996)⁶ en su libro más destacado *TPM in Process Industries* propone una serie de 7 pasos para realizar un mantenimiento autónomo, a continuación, cada 1 de ellas será descrita:

⁶ Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*. Routledge.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

1. *Limpieza e inspección inicial*

Esta fase tendrá como objetivo evitar el deterioro acelerado, evitar el entorno con exceso de polvo y suciedad. Descubrir las anomalías como ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles y la eliminación de elementos no usados de forma que se simplifique el equipo.

Detectar usando los sentidos cuando existan fugas, derrames de aceite o algo que genere contaminación en el equipo. Para esto habrá que tener la máquina limpia para que el operador detecte las fallas.

2. *Evitar contaminación*

En este paso se debe detectar y señalar las fuentes de contaminación y las áreas de difícil acceso, después de que se tenga en cuenta esto, se procede a establecer acciones que eliminen las causas, reducir el tiempo de inspección mejorando el sistema para su cheque, lubricación, apretado en el menor tiempo posible

3. *Estándares iniciales*

Cuando se mencionan estándares visuales podemos asociarlo a check list que en compañía de ayudas visuales nos indiquen que puntos se tendrá que inspeccionar o mantener en constante limpieza, lubricación y ajuste. En el caso de implementarse estándares visuales deben de colocarse en la máquina en un lugar visible (placas de identificación o especificaciones del equipo)

4. *Inspección general*

Seleccionar a un grupo de personas encargadas de inspeccionar en los equipos ayuda a detectar y señalar posibles fallas. En este paso se puede incorporar al personal operativo para esto se debe proporcionar instrucciones de trabajo que señalen el proceso, características

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

operaciones y ajustes, en este punto se debe considerar la importancia de la capacitación para que el personal se prepare para esta inspección.

5. *Inspección autónoma*

En este punto el personal operativo ya podrá encargarse de realizar la inspección y ahora ellos detectar posibles fallas, se puede apoyar de utilizar "tarjetas de falla" o alguna herramienta para señalar los problemas. Determinar la rutina de inspección señalando fecha, hora y tiempo estimado con el fin de delimitar las actividades a dichos aspectos a fin de generar una rutina

6. *Estándares de mantenimiento autónomo*

Ahora la operación ya incorporada se revisarán los estándares iniciales y se hacen modificaciones con base en las lecciones aprendidas, es importante considerar las herramientas o insumos necesarios para realizar dichas actividades. En este punto se señala que se tome en cuenta un sistema de auto gestión que genere un flujo de trabajo continuo, porque se plantea la posibilidad de estandarizar procedimientos de mantenimiento donde se establezcan herramientas, repuestos y procesos.

7. *Mejora de los estándares*

Como lo menciona antes, el mantenimiento autónomo debe estar en constante revisión por eso en este punto es importante saber que será necesario mejorarla. El autor nos recomienda utilizar el ciclo PDCA para realizar esta actividad. También se sugiere monitorear el proceso mediante indicadores como el MTBF que es el medio tiempo entre fallas que nos señala cuantos minutos pasan en el intervalo que se presenta una avería de otro.

2.5 Lista de verificación

El TPM es una herramienta muy importante en el área de mantenimiento, pero su éxito depende de una buena implementación, por eso se revisarán los pasos, características o aspectos importantes que llevan a una implementación correcta.

Como lo menciona el mantenimiento autónomo, este se basa en delegar ciertas actividades correspondientes al mantenimiento ya sea preventivo o correctivo. Dichas actividades se basan en la limpieza del equipo, lubricación, apriete o incluso en el cambio de partes del equipo. Pero de qué manera podemos llevar a cabo y controlar estas actividades.

En este punto se introduce la lista de verificación, ya que tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de las actividades, mantener el enfoque en los puntos importantes, facilita el control y la coordinación de tareas de 1 o varios integrantes.

Una correcta lista de verificación nos proporcionara grandes beneficios como el aumento de la productividad, ahorro de tiempos, fomenta la creatividad e incluso puede llegar a reducir errores.

Para el caso del TPM el autor Suzuki T. sugiere ciertos aspectos para la creación de una lista de verificación

- *Elementos de inspección:* que aspectos se van a limpiar, checar y lubricar, mantener las condiciones básicas del equipo
- *Puntos clave:* tomar en cuenta que pasaría si ciertos puntos se dañaran de esta forma se comprende de mejor manera como se puede reaccionar
- *Métodos:* de qué forma se harán los chequeos y revisiones, decidirse por aquel de mayor facilidad y fiabilidad.
- *Herramientas:* que herramientas serán utilizadas

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- *Tiempos:* establecer el tiempo que se le asignara a cada actividad, tomar en cuenta mejoras que simplifiquen y minimicen el trabajo manual.
- *Intervalos:* frecuencia de inspección
- *Responsabilidad:* asignación de responsables a cada actividad, con el fin de establecer responsabilidades

También podemos tomar en cuenta aspectos como nombre del ejecutor de esta lista, firma de aprobado o revisado o cualquier otro aspecto que nos ayude a contralar de mejor manera los resultados que se obtengan de este checklist.

Para la implementación de una lista de verificación será necesario:

- *Identificación de objetivo y el alcance:* lo primero que se necesitara para la creación de una lista de verificación se necesita definir cuál es el propósito de la creación de este igual se debe determinar que actividades o procesos específicos deberá de cubrir este listado.
- *Diseño del listado:* como se mencionaba se debe de establecer los puntos claves del listado y de qué manera estos siguen una secuencia u orden lógico de modo que fluyan naturalmente. Es importante establecer un diseño u formato claro, que cualquier persona pueda entender, también agregar viñetas o casillas de verificación de modo que se facilite la marcación y revisión de los elementos
- *Prueba y ajuste:* realizar pruebas piloto en donde se implementen las listas creadas mediante una simulación o en un contexto real de manera en la que se pueden obtener resultados o una retroalimentación. Después de obtener estos resultados se puede determinar si la información es clara y

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

comprensible, si cubre todos los aspectos necesarios, basado en las respuestas obtenidas después del análisis, proceder a realizar los ajustes necesarios.

- *Implementación:* después de haber realizado los ajustes correspondientes es momento de capacitar al personal involucrado en el proceso de modo que comprendan su funcionamiento y sepan el uso correcto. Es importante en este paso integrar al sistema el uso de la lista de verificación.

Monitorear de manera continua para asegurar su efectividad

- *Seguimiento y mejora continua:* a la par de la implementación comenzaremos a darle seguimiento a estos, recopilando los datos obtenidos y analizando el resultado, es necesario identificar áreas de oportunidad y realizar modificaciones de ser necesario.

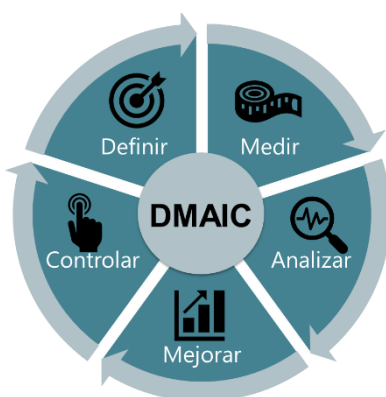
Implementar una lista de verificación de manera efectiva requiere compromiso, claridad en los objetivos y un proceso de mejora continua. Al seguir estos pasos, puedes asegurar que la lista de verificación sea una herramienta valiosa para mejorar la calidad, la eficiencia y el cumplimiento en tu organización o proyecto.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

2.7 Six sigma y DMAIC

Modelo creado en la década de los 80's principalmente utilizada para mejorar los procesos y la calidad. Creada por Bill Smith perteneciente a la empresa Motorola el objetivo que nos indica esta metodología es su enfoque matemático esto sugiere que cada que se utilice se necesiten de indicadores para medir el rendimiento y el éxito de proceso. De igual forma, la herramienta más importante en este método es el DMAIC, que siempre que se habla de seis sigmas, se asocia.

Ilustración 15 DMAIC



Nota 1. DMAIC. Seis sigmas. Creación propia

Como se menciona anteriormente el six sigma y el DMAIC están ligadas una a la otra por esto es importante conocer de que trata cada una.

La metodología DMAIC está conformada por 5 fases. (Véase ilustración 14), las cuales serán descritas a continuación.

Definir: en esta fase nos concentramos en evaluar el proyecto y preparar la misión de este, de igual forma se busca a los integrantes que pueda formar parte de un equipo multidisciplinario a cargo del proyecto.

Herramientas que se pueden utilizar:

- Charter del proceso
- VCR (voz del cliente)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- Mapa de proceso SIPOC
- Árbol crítico para la calidad

Medir: se conforma por estudios o la utilización de herramientas que nos ayuden a identificar cual es la situación actual del proyecto. En esta fase se determinan cuáles serán las métricas que regirán el progreso del proyecto

Herramientas que se pueden utilizar:

- Matriz de priorización
- Análisis de tiempo de valor
- Gráficos de Pareto
- Gráficos de control

Analizar: después de haber recabado información es momento de que se comience a investigar cómo se relacionan las entradas del proceso vs los resultados obtenidos. También se suelen plantar las hipótesis de mejora, el plan de acción o las actividades de mejora que harán que lo planteado en la hipótesis se cumplan.

Herramientas que se pueden utilizar:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de causa y efecto
- Estudio de correlación

Mejorar: en esta fase se comienza con la implementación de las actividades diseñadas en la etapa pasada. También se considera que la etapa anterior solo se plantea las mejoras y esta, se diseñan, se prueban y se implementan las propuestas

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Herramientas que se pueden utilizar:

- Lluvias de ideas
- Modo de fallas y análisis (AMEF)
- Herramientas Lean (

Control: esta fase es la más importante, ya que en esta se establecerán controles que verificarán que las actividades se lleven según lo establecido y que la mejora perdure en el tiempo, y también en esta etapa se pueden establecer las nuevas áreas de oportunidad una vez establecidas las mejoras.

Herramientas que se pueden utilizar:

- Estudio de simulación
- Gráficos comparativos
- Diagramas de control

Capítulo 3. Marco Metodológico

El proyecto está desarrollado mediante la investigación aplicada, se eligió este tipo debido a sus características ya que la investigación aplicada nos indica que está enfocada en encontrar la solución de una problemática específica mediante estrategias definidas con ayuda de una herramienta en este caso se utiliza el TPM y DMAIC como herramientas para encontrar la solución a la problemática y poder aplicarla como nos indiquen la metodología.

El principal objetivo de esta investigación es identificar, controlar y eliminar los paros que están ligados a averías menores y de una intervención pequeña que en conjunto generan paros importantes que afectan el tiempo efectivo de la línea de producción. Una vez mencionado lo anterior es necesario desarrollar la investigación de forma explicativa en donde se relacionen las causas del problema y las consecuencias que generan en este caso en la línea de producción con el fin de destacar la importancia de todo lo que ha generado que se llegara a ese “estado actual” y como una vez que se emplearon las soluciones se encuentran cambios favorables en los indicadores del área.

En cuanto a la parte de recolección de datos o las fuentes de información se toma en cuenta que puede relacionarse a un estudio de caso, se tiene la problemática específica y en base a los textos técnicos de referencia se definirán las causas y de qué forma se incorpora un pilar del TPM, todo esto se recolecto en forma presencial en la planta manufacturera. Se tuvo la oportunidad de analizar y estudiar por un periodo de tiempo determinado como trabajaba el sistema en el que se entiende como “situación actual”.

Con ayuda de la herramienta DMAIC y las herramientas que pueden ser utilizadas a lo largo de cada 1 de sus etapas se realizó el análisis y el desarrollo encontrando los resultados que sean más favorables para la empresa.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

La población en la que se hará la investigación consta de 1 línea de producción con un total de 13 operaciones, dicha línea es semiautomática ya que esta consta con una banda transportadora que mueve las piezas a cada una de las estaciones. En esta línea se tiene la presencia de 6 Operadore y un líder de línea.

Es importante destacar que la empresa para la que se está realizando este trabajo realiza sus operaciones bajo ciertas normas, una de ellas y la más importante es que esta certificada y se le realizan auditorias anuales sobre la norma IATF:16949, para ser específicos en el punto 8.5.1.5 mantenimiento productivo total que indica lo siguiente

“La organización debe desarrollar, implementar y mantener un sistema de mantenimiento productivo total documentado.”

Este como mínimo debe de contener: la identificación de los equipos que conforman el proceso productivo, la disponibilidad de piezas de repuesto, los objetivos de mantenimiento documentados, así como las métricas de cumplimiento de mantenimiento preventivo y la revisión regular del plan y los objetivos documentados con el fin de implementar acciones correctivas que sean necesarias cuando los objetivos no se cumplan.

Esto se menciona con el fin de que la investigación se alinea a lo que la norma nos dictamine. También es necesario saber que aquellos procesos, actividades o tareas que sean implementadas deberán de ser adjuntadas al proceso interior de la empresa denominado “DPS-6 Mantenimiento”

Capítulo 4. Resultados

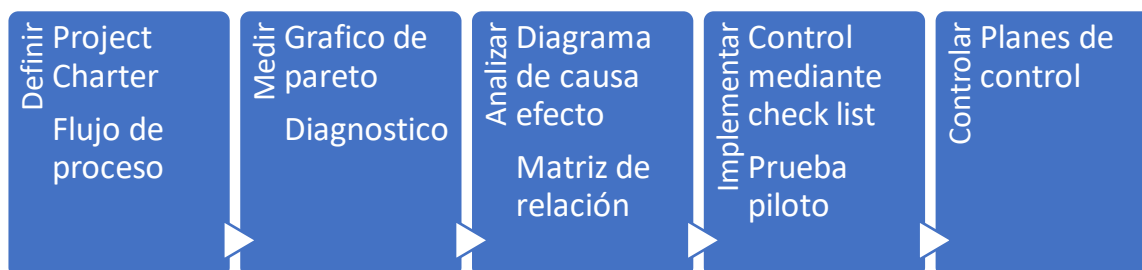
A lo largo de este capítulo veremos el desarrollo de la metodología DMAIC, como fue que se desarrolló y se implementó cada 1 de las fases y que resultados se obtuvo al final de la fase controlar

4.0 DMAIC para la implementación de este proyecto

Como parte de la definición del proyecto se opta por utilizar la metodología DMAIC para la definición de las etapas del programa a desarrollar. La principal característica por la que se eligió esta herramienta es porque su objetivo es buscar la optimización y mejora de los procesos. En cuanto a la metodología del TPM algunos autores mencionan que para el éxito de la implementación se necesita de la ejecución de distintas fases entre las que se encuentran: reunir y analizar la información para realizar conclusiones y generar mejoras en base a los resultados obtenidos y para el logro de dicha implementación se toma en cuenta utilizar las 5 etapas en las que se subdivide la herramienta DMAIC, una vez que se hizo la investigación sobre la situación actual del área mencionada de la empresa y los antecedentes históricos, es necesario utilizar alguna herramienta que nos apoye a la definición de las actividades por realizar o sugerir herramientas que nos apoyen en la ejecución de lo establecido Por esto a continuación se describirán las etapas desarrolladas para este proyecto.

Esquema metodológico

Tabla 3. Esquema metodológico



Nota Esquema metodológico. Elaboración propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

4.1 Definir

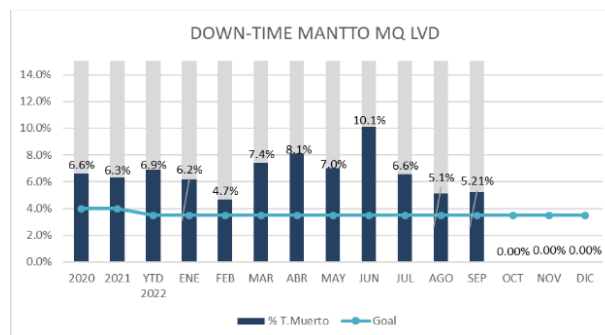
Esta primera etapa comprendida de Julio - agosto 2022 se centró en recopilar información metodológica, conocer las bases existentes sobre el mantenimiento productivo total y que actividades se están ejecutando para la mejora de los procesos.

En este periodo de tiempo se monitoreo la operación, entendiendo que el sistema trabaja sin ayuda de herramientas, observando cual es el procedimiento actual por el que se rige el sistema. (A sistema nos referimos al área de mantenimiento) comprendiendo el desarrollo del mto. Correctivo, preventivo y predictivo, así como también la generación de indicadores del área y su seguimiento.

Para este punto el departamento de mantenimiento se rige por indicadores; el primero es el tiempo muerto que no debe de rebasar el 3.5% de la contribución del tiempo, igual está el MTTR y el MTBF.

En este punto ya se conoce el área, por lo que se empieza recopilando los datos históricos necesarios. Como podemos observar nuevamente en la gráfica 5 en lo que va del año no se ha cumplido con la meta de tiempo muerto, lo que se busca con la implementación de TPM es reducir la contribución de paros de eventos relacionados a actividades de TPM (actividades que se consideran son inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores)

Grafica 5 Down time



Nota Tiempo muerto, porcentaje de contribución mantenimiento maquinado. Esta tabla muestra el porcentaje de contribución del área en años anteriores y en los meses pasados el presente año. Avendaño C. (2022)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Con los datos mostrados en la tabla anterior sabemos que el área necesita mejoras ya que cada mes no se cumple con el objetivo establecido ya que el tiempo muerto está muy por encima de la meta, por esta razón se comienza a reconocer la necesidad de crear e incorporar una herramienta que nos ayude a la disminución de fallas y a su vez al tiempo muerto acumulado.

De este modo como primer análisis de lo obtenido hasta ahora de todo lo metodológico se sugiere implementar TPM en el área, ya que como nos menciona la IATF: 16949 (2016) el requerimiento de tener esta herramienta como parte de un sistema de mantenimiento productivo total que a su vez es requerido por auditorías externas e internas del ámbito automotriz. Porque se procede a definir el proyecto y sus elementos.

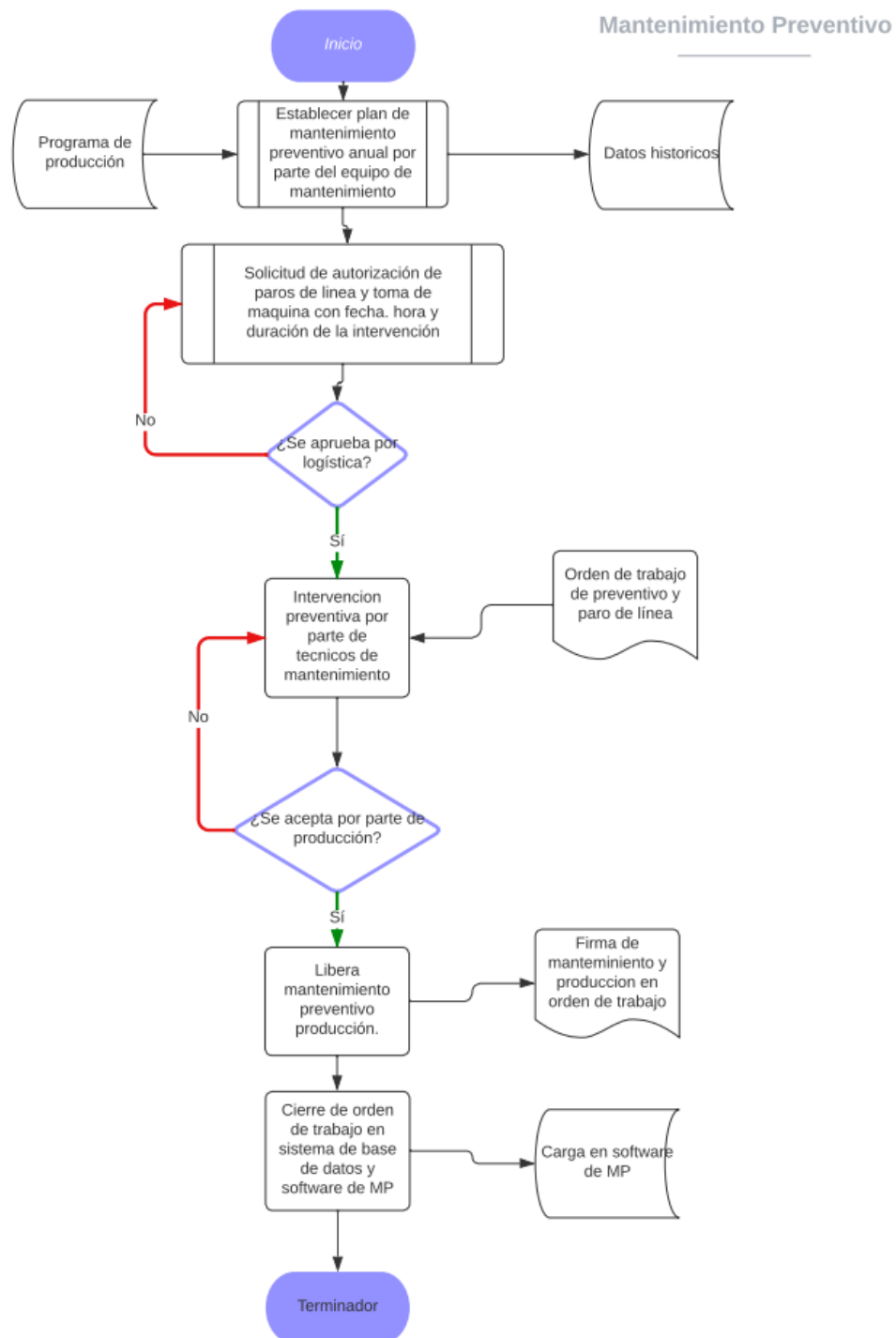
Ahora que ya tenemos los resultados de la primera fase de este proyecto que fue medir. Se desarrollan las siguientes herramientas como complemento a la investigación

- Diagrama de flujo: con esta herramienta se quiere representar el flujo de las actividades o tareas del proceso de mantenimiento y detectar en qué punto se puede implementar el mantenimiento autónomo o los cambios que sufrirán estos después de la implementación del mantenimiento autónomo.
- Project Charter: desarrollo del documento mostrado a los mandos de la empresa con el fin de mostrar los aspectos más relevantes de la implementación de este proyecto de una forma breve y resumida.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

4.1.1 Diagrama de flujo mantenimiento.

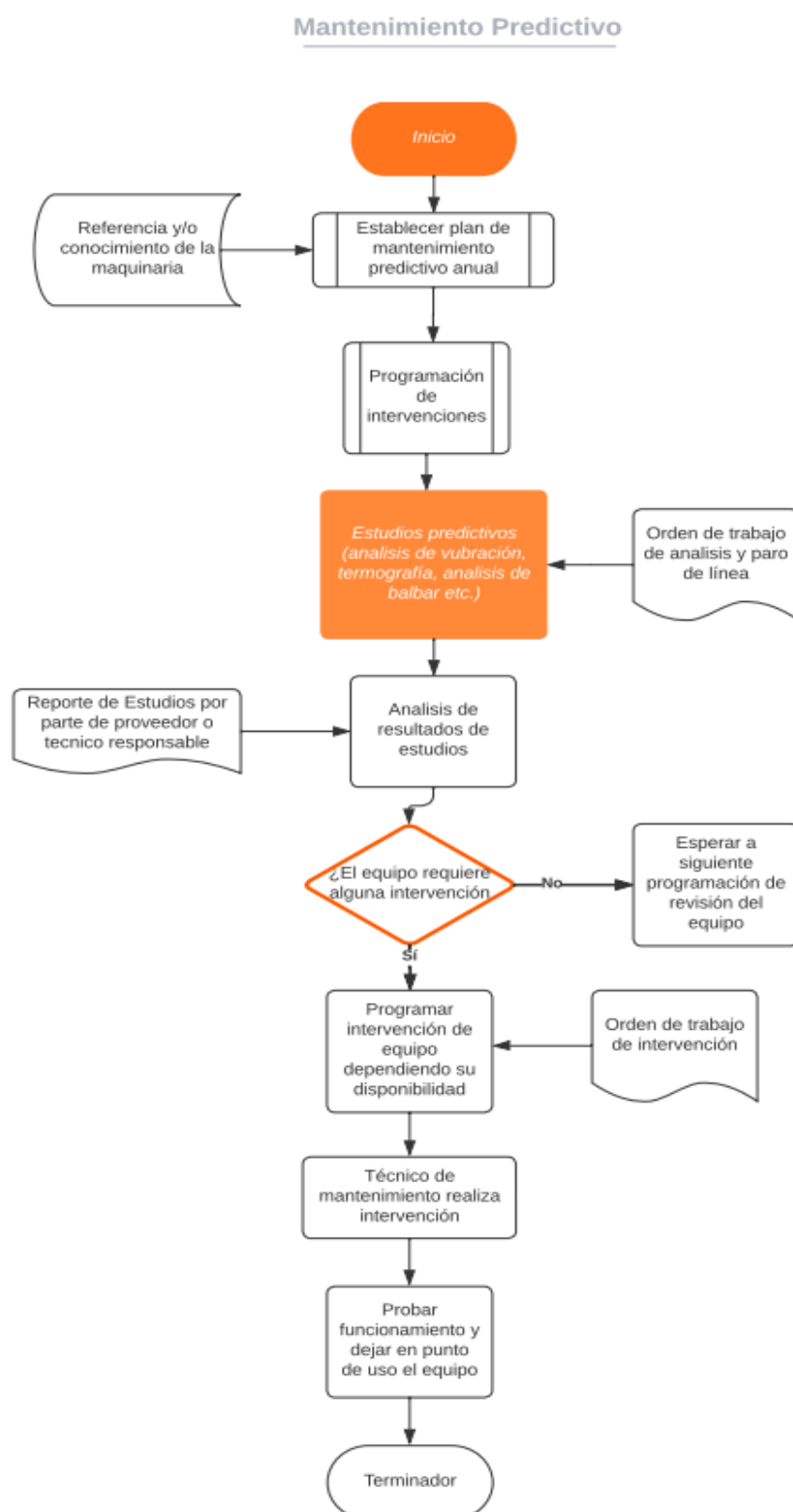
Diagrama 2. Mantenimiento Preventivo



Nota Diagrama de flujo del proceso actual del mantenimiento preventivo. Autoría propia (20229

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

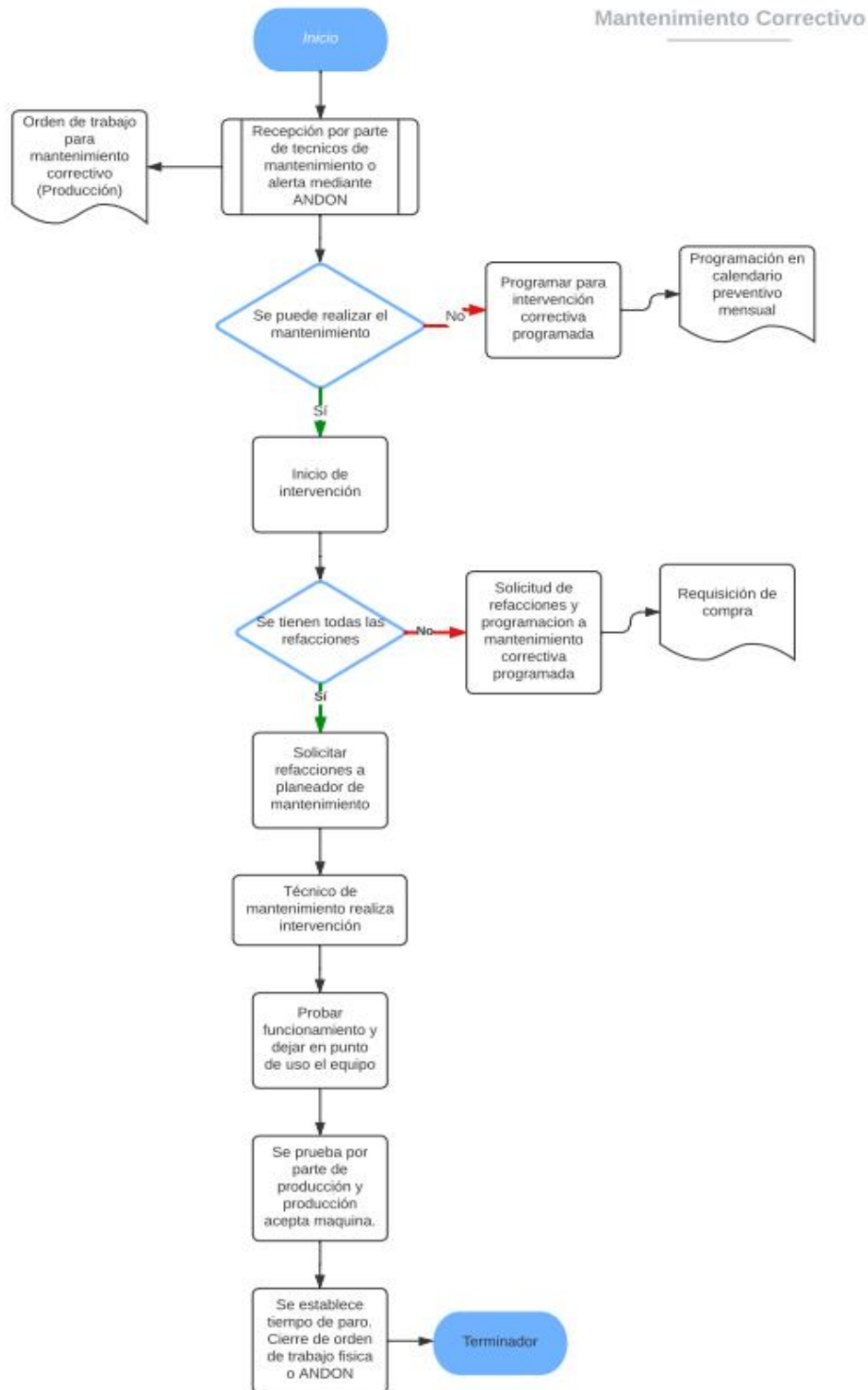
Diagrama 3 Mantenimiento Predictivo



Nota Diagrama de flujo del proceso actual del mantenimiento predictivo. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Diagrama 4 Mantenimiento Correctivo



Nota Diagrama de flujo del proceso actual del mantenimiento correctivo. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

4.1.2 Project Charter

Con la ayuda del Project Charter se pudo identificar aspectos clave de la implementación de este proyecto como la identificación de los recursos necesarios para la implementación, costos y la definición de los colaboradores; así como la definición de un equipo multidisciplinario que ayudara a la implementación del proyecto.

Tabla 4 Project Charter

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------|--|
| Nombre del proyecto: | Implementación de TPM en la línea A de Maquinado LVD. | | |
| Problemática | En el área de Maquinado LVD durante los últimos meses se han presentado una enorme cantidad de fallas mismas que han provocado que los indicadores de tiempo muerto de mantenimiento sean altos y sobrepasen lo esperado que es igual a 3.5% | | |
| Objetivo General | Disminuir el tiempo muerto mediante la reducción de fallas presentadas en la línea A relacionadas con actividades de TPM Disminuir un 50% de fallas atribuibles al TPM de las fallas totales generadas | Actividades principales | 1.- Implementar TPM nivel 1 <ul style="list-style-type: none"> • Ayuda visual • Check list • Capacitación • Seguimiento a resultados |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| | | | |
|---------------------------------|--|--|---|
| Colaboradores | Ingeniero de mantenimiento Planeador de mantenimiento Personal operativo | Aprobador | Ing. de mantenimiento Jefe de mantenimiento Jefe de producción |
| Restricciones | Resistencia al cambio por parte del personal operativo. Disposición de las máquinas para intervenir los equipos dañados. | | |
| Tiempo de implementación | 6 meses: | Recursos o costos de implementación | Compra de refacciones para reparación a equipos y consumibles. \$20,859. 23 |

Nota Esta tabla muestra las fases de un Project charter. Elaboración propia 2023

Definición de equipo multidisciplinario:

Una de las partes que se mencionan en el Project Charter es la definición del equipo o como se menciona de los colaboradores que tienen que estar integrados a este plan ya que su rol será muy importante en el cumplimiento de las actividades. A continuación, se describe quienes será los involucrados y las responsabilidades que estos tendrán en el proyecto.

Tabla 5 Equipo multidisciplinario

| Responsable | Responsabilidades |
|--|---|
| Jefe de mantenimiento | Supervisar y autorizar las actividades o tareas que ejerza el equipo |
| Ingeniero / coordinador de mantenimiento | Brindar el soporte técnico e informativo al especialista en TPM al momento de definir las actividades para el mantenimiento |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| Responsable | Responsabilidades |
|----------------------------|---|
| | autónomo, supervisar las actividades de los técnicos. |
| Planeador de mantenimiento | Brindar soporte e información técnica de los equipos y la programación actual de las intervenciones de tipo preventivo, predictivo y correctivo. |
| Técnico de mantenimiento | Encargado de realizar las actividades correctivas salientes de los resultados del check list que llevara a cabo el personal operativo. |
| Especialista en TPM | Estructurar la implementación de la herramienta del TPM, soporte para la generación de check list de mantenimiento autónoma, las ayudas visuales para el personal operativo y generar el plan de seguimiento o auditoria. |
| Coordinador de producción | Brindar soporte para la implementación de la herramienta con el personal operativo |
| Operador de producción | Encargado de realizar el check list de mantenimiento autónomo del equipo que les corresponda |

Nota Tabla de equipo multidisciplinario y sus responsabilidades. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

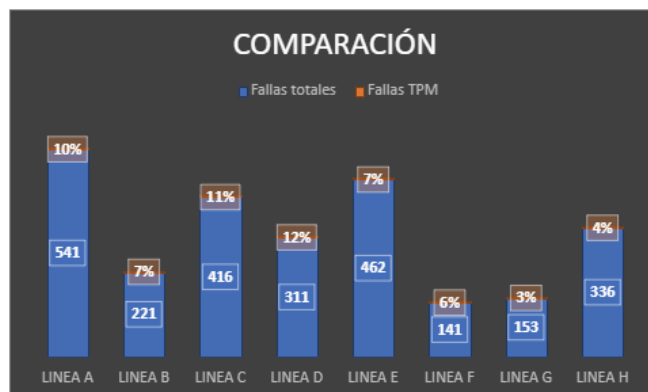
4.2 Medir

En esta etapa se busca identificar la situación actual y detectar cuáles son los puntos clave del proceso, las fallas que mayor presencia tienen y las que se pueden atacar mediante el TPM.

Durante el recorrido por cada línea se notó que las maquinas están sucias, llenas de rebaba, no se cuenta con filtros en motores y climas, y que muchos equipos de gran importancia están en su mayoría dañados.

En conjunto con la revisión en piso y el análisis de los resultados mostrados en la bitácora de actividades proporcionada por mantenimiento. Se encuentra que, de las fallas presentadas en lo que va del año 2022 hay un porcentaje considerable que podría eliminarse del acumulado total esto después de la implementación del TPM (que van desde el 3% hasta el 10% del acumulado de fallas)

Grafica 6. Comparativa de fallas



Nota Fallas totales que se han presentado en mantenimiento hasta agosto del 2022 y que porcentaje de fallas podrían evitarse. Autoría propia (2023)

de las evidencias anteriores notamos que todas las líneas cuentan con un porcentaje de fallas, pero debido a que el proceso necesita autorizarse para implementarse completamente, primero se procederá a tomar solo 1 línea como base, esta será la **línea A**.

De las fallas presentadas a lo largo del tiempo medido estas son aquellas que se podrían disminuir después de la implementación

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| • Tolvas rotas o dañadas | • Filtros sin cambio |
| • Cortinas de luz | • Temperatura elevada de clima |
| • Fugas de soluble, agua, aire | • Recuperación de niveles |

Se realiza una investigación con el fin de saber qué puntos son factibles para incorporar a un Chec klist de TPM y que han de generar un impacto en las fallas presentadas en línea “A”. Los siguientes datos de la bitácora de técnicos de mantenimiento.

El primer estudio fue realizado en base a la repetibilidad de las fallas que tantas veces se presentaron en el periodo estudiado (enero-agosto). El top de fallas está conformado por (véase tabla 7) aspectos mecánicos, eléctricos y de sensores mismos que se ven representados en el Pareto (véase grafica 7).

Tabla 6. Top de fallas. Intervenciones acumuladas LINEA A

| DESCRIPCIÓN | TOTAL |
|-------------------------------|-------|
| TUBERIAS TAPADAS O FLOJAS | 40 |
| CHILLER | 10 |
| ALARMA POR REFRIGERANTE | 21 |
| FUGA NEUMATICA | 7 |
| BAJO NIVEL DE ACEITE | 10 |
| FUGA SE SOLUBLE | 7 |
| TEMPERATURA ELEVADA DE CLIMA | 5 |
| FALLA EN DRENADO | 1 |
| BAJO NIVEL DE SOLUBLE | 8 |
| FUGA HIDRAULICA | 9 |
| CAMBIO DE FILTRO | 8 |
| LUBRICACIÓN | 2 |
| FUGA DE AGUA | 3 |
| ALARMA DE BAJA PRESION | 4 |
| EXCESO DE REBABA Y/O SUCIEDAD | 2 |
| SENSOR DE NIVEL | 2 |
| FALLA EN PUERTA | 2 |
| TOLVAS ROTAS O DAÑADAS | 1 |
| DAÑO O FALLA EN LUMINARIA | 2 |

Nota. Top se fallas según las intervenciones acumuladas de tiempo muerto. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Todas estas fallas que se han presentado en lo que va del año y que han significado paros significativos para la línea de producción.

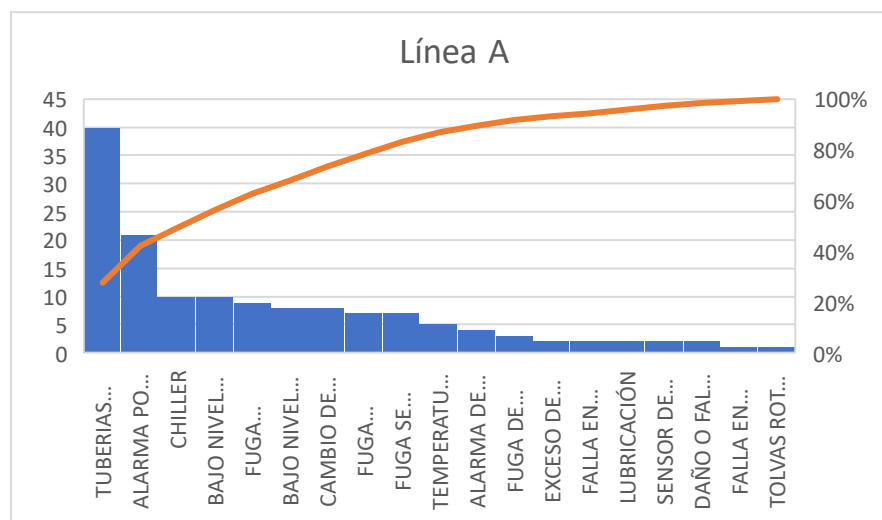
Tabla 7 Top de fallas, minutos acumulados

| DESCRIPCIÓN | MINUTOS |
|-------------------------------|---------|
| TUBERIAS TAPADAS O FLOJAS | 1377 |
| CHILLER | 1017 |
| ALARMA POR REFRIGERANTE | 854 |
| FUGA NEUMATICA | 607 |
| BAJO NIVEL DE ACEITE | 589 |
| FUGA SE SOLUBLE | 565 |
| TEMPERATURA ELEVADA DE CLIMA | 565 |
| FALLA EN DRENADO | 420 |
| BAJO NIVEL DE SOLUBLE | 370 |
| FUGA HIDRAULICA | 322 |
| CAMBIO DE FILTRO | 197 |
| LUBRICACIÓN | 118 |
| FUGA DE AGUA | 93 |
| ALARMA DE BAJA PRESION | 88 |
| EXCESO DE REBABA Y/O SUCIEDAD | 70 |
| SENSOR DE NIVEL | 36 |
| FALLA EN PUERTA | 34 |
| TOLVAS ROTAS O DAÑADAS | 25 |
| DAÑO O FALLA EN LUMINARIA | 23 |

Nota: top se fallas según los minutos acumulados de tiempo muerto. Autoría propia (2023)

En esta segunda tabla (véase tabla 8) se observa cuáles fueron los minutos acumulados de cada tipo de falla; mostrando algunas similitudes con la tabla anterior en la que observamos que el mayor problema se detecta en las siguientes fallas: Tuberías tapadas, Clima, Chiller (sistema de enfriamiento), Niveles de aceite o soluble, Presiones de aire.

Grafica 7 Diagrama de Gantt



Nota: diagrama de Gantt de top de fallas acumulados según su acumulado. Autoría propia (2023).

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

4.3 Analizar

Hasta ahora en las 2 etapas anteriores hemos recopilado datos sobre la situación actual de la empresa ahora en esta etapa se realizará el análisis en base a la información obtenida, se podrá detectar cuales son los aspectos que influyen que existan los problemas en el área y cuáles pueden ser las oportunidades de mejora para reducir o eliminar estas problemáticas, todo esto con el fin de implementar de manera correcta la herramienta TPM.

Como se mencionaba en esta etapa es importante el uso de herramientas que nos ayuden a analizar los datos recopilados y estructurar posibles planes de mejora; por esta razón a continuación se hará de la herramienta “diagrama de Ishikawa”

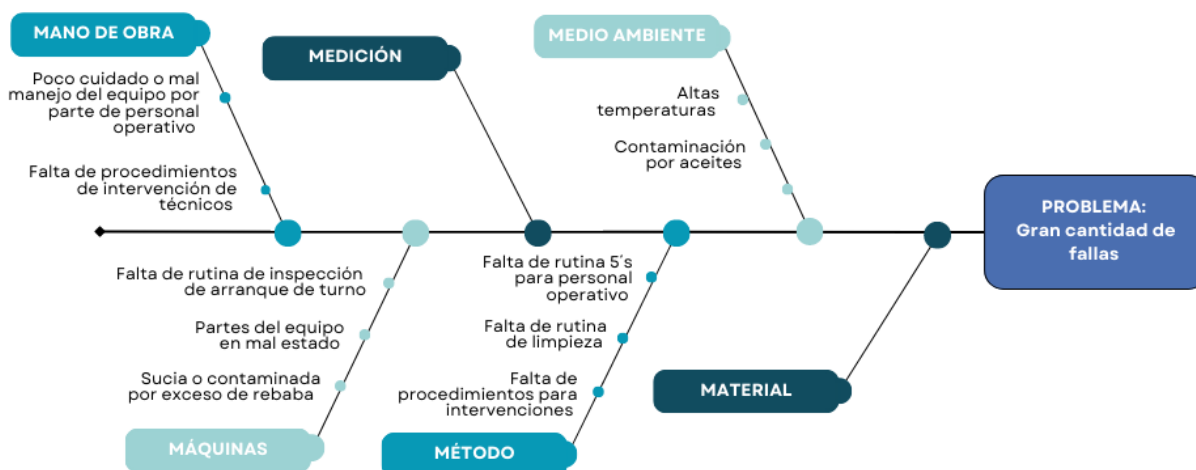
Esta herramienta visual ayuda a identificar aspectos de la problemática, centrada en analizar causas que originan dificultades en el proceso.

Diagrama de Ishikawa

Diagrama 5 Diagrama de Ishikawa

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa



Nota Diagrama de pescado o Ishikawa para la solución de problemas. Autoría propia (2023).

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Teniendo en cuenta el diagrama anterior y siguiendo el proceso de la herramienta Ishikawa se seguirá con la clasificación y la priorización de los problemas. Para definir la rama a la que atacar debemos recordar cuál es el objetivo del mantenimiento de un óptimo funcionamiento de instalaciones, maquinaria, equipos y de los espacios de trabajo de esas instalaciones industriales.

4.4 Mejorar

Tomando en cuenta el diagrama Ishikawa elaborado en el paso anterior y una vez analizada la “situación actual” se infiere que la causa raíz es la falta de procedimientos, estándares o rutinas, esta ausencia ha provocado que cada área realice una mala praxis ya sea de manejo o de intervención. De este modo detectamos nuevamente la necesidad de un sistema que controle las prácticas de limpieza y ajuste que se llevan a cabo con el fin de alargar la vida útil de las máquinas y disminuir la aparición de averías. Por esta razón se desarrollará un proceso de mantenimiento autónomo.

Nos concentraremos principalmente en la rama de **método** que como muestra la ilustración 16 existe una carencia de procedimientos para el cuidado, limpieza y ajuste de las operaciones en este punto es donde se combina con el mantenimiento autónomo. Este enfoque nos indica que el personal operativo adquirirá ciertas responsabilidades de mantenimiento preventivo y limpieza de la maquinaria donde principalmente inspeccionaran los aspectos más importantes de las operaciones algunos de ellos son señalados en el punto 3.3 de este

Ilustración 16. Diagrama de Ishikawa, rama Método.



Nota. Rama Método diagrama de Ishikawa

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

proyecto donde se obtuvo el top de fallas, aquí es donde seguiremos e implementaremos los 7 pasos que mencionan los autores Espinosa A. (2018), Tokutaro Suzuki (1996) cada 1 en sus respectivos trabajos de investigación.

El primer paso que se nos menciona es la limpieza e inspección, recordando que para comenzar con la implementación del TPM las mejoras se implementaran en línea A de maquinado, dicha línea conformada por 12 operaciones clasificada como semiautomática. Un poco ligado a la fase anteriores de DMAIC contamos con el contexto de que esta línea es la que presenta un acumulado mayor de fallas presentada en el periodo enero a agosto 2022; comenzaremos con hacer un levantamiento de equipos en este reporte se enlistaran cuáles son las condiciones de dicha línea, que elementos necesitan ser reparados, cambiados o solo necesitan una limpieza en este mismo recorrido identificaremos fugas existentes o fuentes de contaminación con el fin de eliminarlos o repararlas.

Ilustración 17 levantamiento de condiciones de línea A



Nota Imágenes recolectadas en el levantamiento de condiciones del área de maquinado, línea A

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

El reporte estará conformado por el listado de equipos a reparar y este tendrá un determinado tiempo de finalización en dicho periodo deberá de cumplirse la actividad todo esto con el fin de cumplir el paso 1 y 2 (limpieza e inspección inicial, evitar contaminación). Se establece que las reparaciones deberán de ser concluidas para noviembre 2022 y así proceder a la elaboración de los estándares visuales.

Ilustración 18 línea A después de las intervenciones



Nota imágenes recolectadas después de la implementación del TPM con los resultados obtenidos

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Después de haber terminado con las actividades de dicha lista es momento de comenzar a establecer un estándar con el fin de asegurar las condiciones óptimas de cada equipo, que como bien lo recordamos es asegurar la limpieza y el funcionamiento correcto de los elementos, para este paso recordaremos los indicadores formulados en la etapa DMAIC Analizar, en este obtuvimos un top de fallas, por que debemos de prestar mayor enfoque. De este top determinaremos que otros aspectos después de la limpieza deberá de revisar el operador, analizando tenemos:

- Fugas (hidráulicas, agua, aceite, soluble)
- Niveles (aceite, hidráulico, refrigerante, soluble)
- Alarmas (temperatura, clima, refrigerante, presión)
- Otros (tuberías tapadas, filtros)

Tomando esto en cuenta es necesario ahora detectar los equipos ligados a estas fallas.

- Manómetros
- Depósitos
- Contenedores
- Paneles de control
- Maquina en general

Siguiendo lo que nos indica el paso 3 de *estándares iniciales* se definió los elementos de inspección y los punto claves definidos con la metodología del TPM y o encontrado en la revisión de la situación de la empresa, como se hará esta revisión por medio visual, por esto es por lo que para identificar de manera más rápida se etiquetan estos equipos y se les colocaran indicadores de nivel a aquellos que lo permitan.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Ilustración 19 ejemplos de indicadores visuales.



Nota Equipos que formaran parte de la lista de comprobación de estado

Siguiendo con lo que nos indica la metodología es momento de pasar a la inspección autónoma, es aquí donde se hará la introducción de una lista de verificación que guiará al personal operativo a seguir un procedimiento que ayude al sistema funcionar de manera más fluida.

4.4.1 Check list de mantenimiento autónomo

Después de varias revisiones se determina el check list (Véase Ilustración 20) con las siguientes características (Véase Tabla 9)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Ilustración 20 Check list de inspección

| CHECK LIST DE INSPECCIÓN | | | | TPM NIVEL 1 OP.40-1 Línea A | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|-----------|---|---------------------------------|
| TURNO: | | 1er <input type="checkbox"/> | 2do <input type="checkbox"/> | 3ro <input type="checkbox"/> | FECHA: | | |
| # DE VERIFICACION | EQUIPO | ASPECTO A VERIFICAR | | CRITERIO DE VERIFICACIÓN | | PLAN DE REACCIÓN | |
| V1 | FUGAS (TODA LA OPERACIÓN) | UBICAR LA EXISTENCIA DE FUGAS, HIDRAULICAS, AGUA O AIRE | | OK () NO OK () | | REPORTAR LA/LAS FUGAS A PERSONAL DE MTTTO. | |
| V2 | PANEL DE CONTROL | REVISA EL ESTADO FISICO DE LOS BOTONES. | | OK () NO OK () | | INFORMAR A TEC. DE MTTTO. PARA REALIZAR REMPLAZO Y/O REPARACIÓN | |
| V2 | TRANSPORTADOR DE VIRUTA | REVISAR EL BOTÓN DE PARA DE EMERGENCIA DEL TRANSPORTADOR DE VIRUTA | | OK () NO OK () | | INFORMAR A TEC. DE MTTTO. PARA REALIZAR REMPLAZO Y/O REPARACIÓN | |
| V3 | DESPOSITO DE SOLUBLE | REVISA EL NIVEL DEL DEPOSITO DE SOLUBLE | | ROJO | AMARILLO | VERDE | SOLICITAR RECUPERACIÓN DE NIVEL |
| V4 | CLIMA | VERIFICA LA TEMPERATURA DEL CLIMA, QUE ESTE DENTRO DEL RANGO: 29 A 30 | | 29° () 30° () | | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V5 | CHILLER | VERIFICA LA TEMPERATURA DEL CHILLER, QUE ESTE DENTRO DEL RANGO: 19 A 20.9 | | 19° () 20° () | | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V6 | CONTENEDOR DE COOLER | REVISA EL NIVEL DEL CONTENEDOR DE COOLER | | ROJO | AMARILLO | VERDE | SOLICITAR RECUPERACIÓN DE NIVEL |
| V7 | MANÓMETRO DE PRESIÓN HIDRAULICA | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | | ROJO () | VERDE () | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V8 | CONTENEDOR DE ACEITE | REVISA EL NIVEL DEL CONTENEDOR DE ACEITE | | ROJO | AMARILLO | VERDE | SOLICITAR RECUPERACIÓN DE NIVEL |
| V9 | MANÓMETRO DE PRESIÓN GENERAL | VERIFICA QUE LA PRESIÓN QUE INDICA EL MANOMETRO ESTE EN VERDE | | ROJO () | VERDE () | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V10 | MANÓMETRO DE PRESIÓN DE REGLETA | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | | ROJO () | VERDE () | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V11 | MANÓMETRO DE PRESIÓN DE HUSILLO | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | | ROJO () | VERDE () | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| V12 | MANÓMETRO DE PRESIÓN DE CLAMPEO | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | | ROJO () | VERDE () | LLAMAR AL TECNICO DE MTTTO. | |
| HORARIO 1ER TURNO: 6:30 A 7:30 2DO TURNO: 2:30 A 3:30 3ER TURNO : 22:00 A 23:00 | | NOMBRE Y FIRMA DEL PERSONAL QUE REALIZO LA INSPECCIÓN: | | | | | |

Nota Formato de check list de inspección TPM nivel 1, dirigido a personal operativo Autoría propia (2023)

Tabla 8. Elementos del Check list del operador para el MTTTO. Autónomo

| | | | |
|--|---------------------|---|--|
| Equipo por verificar <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #4f81bd; color: white; text-align: center;">EQUIPO</td> </tr> <tr> <td>PANEL DE CONTROL</td> </tr> </table> | EQUIPO | PANEL DE CONTROL | Nombre del equipo que inspeccionará el operador. |
| EQUIPO | | | |
| PANEL DE CONTROL | | | |
| Aspecto o actividad por realizar <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #4f81bd; color: white; text-align: center;">ASPECTO A VERIFICAR</td> </tr> <tr> <td>REVISA EL ESTADO FISICO DE LOS BOTONES.</td> </tr> </table> | ASPECTO A VERIFICAR | REVISA EL ESTADO FISICO DE LOS BOTONES. | Descripción de la actividad que va a realizar según el equipo. |
| ASPECTO A VERIFICAR | | | |
| REVISA EL ESTADO FISICO DE LOS BOTONES. | | | |

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

| | |
|---|--|
| <p>Criterio de verificación</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">CRITERIO DE VERIFICACIÓN</p> <p style="text-align: center;">OK () NO OK ()</p> </div> | <p>Resultado obtenido de la inspección o verificación del equipo.</p> |
| <p>Plan de reacción</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">PLAN DE REACCIÓN</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">INFORMAR A TEC. DE MTTTO. PARA REALIZAR REPLAZO Y/O REPARACIÓN</p> </div> | <p>En caso de que el resultado sea negativo o sobrepase los límites establecidos se procederá a ejecutar de acuerdo con el plan de reacción.</p> |
| <p>Turno</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="font-size: small;">TURNOS: 1er <input type="checkbox"/> 2do <input type="checkbox"/> 3ro <input type="checkbox"/></p> </div> | <p>En que turno se ejecutara la lista de comprobación.</p> |
| <p>Horario designado a realizar lista de verificación</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0; background-color: #4a7ebb; color: white;"> <p style="font-size: small; margin: 0;">HORARIO</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">1ER TURNO: 6:30 A 7:30</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">2DO TURNO: 2:30 A 3:30</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">3ER TURNO : 22:00 A 23:00</p> </div> | <p>Se establece un horario para la realización de esta lista de comprobación dependiendo el turno.</p> |

Nota Elementos de "check list de inspección"

En apartados anteriores se ha mencionado que el mantenimiento autónomo es el encargado de monitorear las condiciones básicas de las maquinas mediante el apoyo del personal operativo, por esto mismo se tuvo que revisar que actividades que están dentro de nuestro Top de fallas van a poder monitorear, ya que en este primer nivel los operadores comenzaran solamente con inspección para en futuros niveles comenzar a escalar con la limpieza, lubricación o apriete según sea el caso.

En los puntos a verificar se encontrarán varios que concuerdan con el Top de fallas obtenida de la bitácora de mantenimiento y de los indicadores. También se adjuntaron otros que, aunque no salen en el Top porque no generaron fallas a lo largo del tiempo estudiado es

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

necesario tomarlos en cuenta, como lo es la revisión de la presión de los manómetros existentes en cada maquina y también la revisión de las condiciones de botones de paro de emergencia o los botones el panel de control que también es necesario monitorear

El diseño del check list no solo este ligado a los resultados de la observación en el área también tiene que ver con la localización de los componentes y la capacidad de todo el personal de monitorearlos, es importante que el diseño no solo este diseñado para el personal actual sino también para aquel que este pon integrarse al equipo de manera que la capacitación para el llenado de este pueda ser de fácil acceso y poco tiempo invertido.

Sabiendo esto se evalúa cual era el top y se llega a las verificaciones agregadas, por ejemplo:

Tabla 9 Plan de reacción

| Tuberías tapadas o flojas | Chiller | Alarma por refrigerante |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verificación en check list "Ubicar la existencias de fugas, hidraulicas, agua o aire" | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación en check list "Verifica la temperatura del chiller, que este dentro del ranago 19.0° a 20.99°" | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación en check list "Revisa el nivel del contenedor de cooler" |

Nota Explicación del funcionamiento de un plan de reacción. Autoría propia (2023)

4.4.2 Ayuda visual

Se opta por agregar una ayuda visual que permita conocer al operador la localización de los elementos a inspeccionar, esto tomando en cuenta lo que menciono en el apartado de


REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

check list, de hacer que el proceso sea de fácil entendimiento no solo para el personal con antigüedad, sino también para aquellos que sean nuevos. En dicha ayuda se encontrará la distribución de la maquina y se enumeran las verificaciones según corresponden al orden del check list. Con el fin de que sea un proceso rápido y eliminar el desperdicio de tiempo y movimiento se realiza un estudio de tiempo y movimiento para hacer que el check list sea más rápido de llenar


Pasando por varias revisiones se llega al siguiente formato de ayuda visual (véase imagen considerando que la ayuda visual será el principal objeto de apoyo, ya que nos indicará el aspecto correcto que deberán inspeccionar los equipos.


Ilustración 21 Ayuda visual

| | | |
|--|---|--|
| ÁREA / PROCESO / OPERACIÓN: MAQUINADO LVD | LÍNEA/CÉLULA: LINEA 1.1 No PARTE: El que aplique | MAQUINA: op. 40-1 NIVEL ING: El que aplique |
|--|---|--|




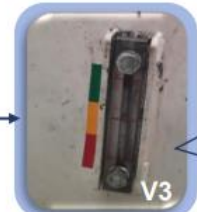
RECUERDA MANTENER LIMPIA TU AREA DE TRABAJO





VERIFICACIÓN 1
PANEL DE CONTROL





VERIFICACIÓN 2
TRANSPORTADOR DE VIRUTA

VERIFICACIÓN 3
DEPOSITO DE SOLUBLE

Nota Ayuda visual para la localización de los puntos a inspeccionar para el mantenimiento autónomo. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

La ayuda visual está conformada por:

Tabla 10 elementos de la ayuda visual del TPM

| | |
|---|--|
| <p>Mapa de las zonas de la maquina</p>  | <p>Ya que la maquina tiene varios equipos repartidos en distintos puntos de la operación, se decide dividir por zonas y colocar una imagen ilustrativa donde se señala cada una.</p> |
| <p>Imagen ilustrativa de la zona</p>  | <p>Imagen ilustrativa de la zona a o b según sea el caso en donde se observan todos los elementos que la conforman</p> |
| <p>Imagen de cada equipo a verificar</p>  | <p>Equipos que se verificaran según el check list de inspección.</p> <p>En las imágenes se representará el aspecto que debe de tener para ser un equipo OK de esta manera será más fácil identificar cual es un aspecto erróneo</p> |

Nota Descripción y características de cada parte de la ayuda visual. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Como parte de la ayuda visual se crean unas etiquetas que ayuden al operador a localizar visualmente más rápido y fácil los componentes de la máquina que se deben de revisar. Todo esto con el fin de que el procedimiento sea más rápido y genere menos tiempo muerto para la operación.

Ilustración 22. Etiquetas de equipos a inspeccionar



Nota: Etiquetas que identificarán a los equipos que serán inspeccionados. Autoría propia (2023)

En esta etapa de mejorar también se tienen que dejar los equipos perfectamente identificados con las etiquetas anteriores o indicadores visuales que nos ayuden a llenar de manera más rápida la lista de comprobación de revisión, algunos ejemplos se pueden observar en la sig. tabla

Tabla 11 Relación de check list de inspección y ayuda visual TPM

| | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|----------|-----------|-------|
| <p>Imagen ilustrativa:</p>  | <p>Punto por revisar en TPM</p> <table border="1" data-bbox="841 1213 1393 1297"> <tbody> <tr> <td>MANÓMETRO DE PRESIÓN HIDRAULICA</td> <td>VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE</td> <td>ROJO ()</td> <td>VERDE ()</td> </tr> </tbody> </table> | MANÓMETRO DE PRESIÓN HIDRAULICA | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | ROJO () | VERDE () | |
| MANÓMETRO DE PRESIÓN HIDRAULICA | VERIFICA LA PRESIÓN, QUE ESTE DENTRO DEL INDICADOR VERDE | ROJO () | VERDE () | | | |
| <p>Imagen ilustrativa:</p>  | <p>Punto por revisar en TPM</p> <table border="1" data-bbox="841 1581 1393 1665"> <tbody> <tr> <td>CONTENEDOR DE COOLER</td> <td>REvisa EL NIVEL DEL CONTENEDOR DE COOLER</td> <td>ROJO</td> <td>AMARILLO</td> <td>VERDE</td> </tr> </tbody> </table> | CONTENEDOR DE COOLER | REvisa EL NIVEL DEL CONTENEDOR DE COOLER | ROJO | AMARILLO | VERDE |
| CONTENEDOR DE COOLER | REvisa EL NIVEL DEL CONTENEDOR DE COOLER | ROJO | AMARILLO | VERDE | | |

Nota relación de los elementos a verificar en ayuda visual y check list de inspección. Autoría propia (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Todos estos apoyos visuales se colocan con el fin de que el personal operativo realice el proceso de manera más fácil, rápida y eficiente.

Ahora bien, ya teniendo el plan establecido y aceptado por el área de mantenimiento se procede a informar a las demás áreas y mandos altos a los cuales se les tenga que informar de la creación e implementación de este nuevo proceso, como parte de un proceso interno de la empresa es necesario que las mandos medios y altos tengan el conocimiento y aprueben el procedimiento con el fin de poder integrar al sistema este nuevo método.

Como siguiente paso de implementación se comienza a hacer del conocimiento al personal operativo en este mismo paso de proceder a generar un plan de capacitación mismo que ayudará a dar a conocer este proceso y explicar de qué forma se hará funcionar. Nuevamente como parte del proceso interno se crea una instrucción del trabajo en donde se extiende cada 1 de las partes del check list y cómo funciona este documento se queda como parte del papeleo que pueden repasar o estudiar en cualquier momento.

4.4.3 Capacitación

Para ir cerrando la implementación en la línea 1 se procede a hacer capacitación con los operadores, explicado en puntos anteriores la formación forma parte de los pilares del TPM en el cual nos menciona que se debe hacer enfoque en la capacitación, la mejora y el fortalecimiento de la capacidad o habilidades que tiene el personal para comprender y ejecutar las actividades establecidas. Debido a que este plan de TPM aun no incorpora actividades tan invasivas a la maquina es por lo que la capacitación se basara en explicar conceptos de la metodología, la importancia de esta y como beneficia al proceso la incorporación del TPM y de forma específica el listado de verificación, igualmente en esta capacitación se explica la forma correcta de realizar el llenado del listado y de qué forma reaccionar en caso de tener resultados negativos en la inspección.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Ilustración 24. Capacitación a personal operativo sobre el TPM



Nota. Portada del plan de capacitación de personal operativo sobre mantenimiento productivo total

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

4.5 Controlar

Después de haber realizados las primeras simulaciones y haber obtenido resultados, se pasa a la fase de controlar. En esta fase es necesario encontrar un sistema que nos ayude a asegurar el funcionamiento del proceso.

Los datos obtenidos por medio del check list formaran parte de las actividades del personal operativo. En el momento en que algún resultado sea negativo, salga o no cumpla con los parámetros establecidos se procederá a reaccionar de la siguiente forma:

- **Fallas que se pueden solucionar inmediatamente:** poner en marcha el plan de reacción, y una vez que se haya eliminado la falla la actividad deberá ser capturada en bitácora de mantenimiento.

Tabla 12. Ejemplo de plan de reacción a falla TPM

| FALLA | PLAN DE REACCIÓN |
|---------------------------------------|---|
| Contenedor de cooler en etiqueta roja | Solicitar recuperación de nivel a personal de apoyo |

Nota ejemplo de plan de reacción de una verificación del check list de mantenimiento autónomo. Autoría propia (20239

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

- **Fallas que necesitaran una intervención mayor:** Llenar etiqueta de TPM y programar intervención según la disponibilidad de la operación.

Ilustración 25. Etiqueta de anomalías TPM

| | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| FOLIO: 001 | | | | ○ | |
| ANOMALIAS | | MANTENIMIENTO | | TPM | |
| Turno: | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | |
| Fecha: | <input type="text"/> | Operación: | <input type="text"/> | Línea: | <input type="text"/> |
| EQUIPO: | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Anomalia detectada: | | | | | |
| | | | | | |
| Firmar de recibido por MTTO: _____ | | | | | |
| Intervención de equipo dañado | | | | | |
| Solución del problema: _____ | | | | | |
| Hora y fecha de entrega: _____ | | | | | |
| Firmar de recibido por Producción: _____ | | | | | |
| | | | | | |

Nota. Etiqueta de anomalías de TPM. Autoría propia (2023)

Aquellas fallas que no puedan solucionarse inmediatamente tendrán que programarse para una intervención correctiva programada revisando la disponibilidad de la operación, cuando se encuentre una falla que no cumpla con los criterios positivos del check list o que no aparezcan en el mismo, el operador tendrá que llenar la etiqueta mostrada, la cual será capturada por parte del personal de mantenimiento en un Concentrado de fallas (véase ilustración 26) y según su categoría de importancia será programada para su intervención tomando en cuenta la disponibilidad de la operación y del personal de mantenimiento, así como los recursos necesarios.

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

la contribución del tiempo muerto correspondiente a mantenimiento y que falla o maquina fueron aquellas con mayor contribución.

Ahora en el enfoque al TPM las herramientas anteriores serán de gran ayuda para medir los resultados y el impacto y poder hacer una comparación con la situación inicial a después de la implementación. por consiguiente y como lo marca la teoría es que debemos de establecer un modelo de revisión y seguimiento del proyecto de modo que se contempla incorporar un plan de auditoría y mejora continua.

Es importante recordar que la metodología incentiva la mejora continua cada año se necesitará hacer una revisión de los resultados, esto se hará mediante una pequeña auditoría interna. Misma que se enfoca en la revisión de los resultados y la evaluación de la implementación de TPM nivel 1

Ilustración 29 Plan d auditoria de resultados de TPM

| PLAN DE MEJORA Y AUDITORIA | | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------|---|---------------------------------|---|
| PROCESO POR REVISAR | TPM (MANTENIMIENTO AUTONOMO) NIVEL 1 | AREA | MANTENIMIENTO | LIDER DEL PROCESO | A QUIEN CORRESPONDA |
| OBJETIVO DE LA AUDITORIA | VALIDAR LOS RESULTADOS Y ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS | ALCANCE DE LA AUDITORIA | ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL AÑO ANTERIOR | CRITERIO DE LA AUDITORIA | PROCESO QUE RIJA AL DEPARTAMENTO |
| ACTIVIDADES POR REALIZAR | | | MATERIAL DE APOYO | RESPONSABLE | RESULTADOS |
| 1 | Analizar los resultados del Dahnboard de indicadores de mantenimiento | | Dahnboard indicadores de mantenimiento | A quien corresponda | Análisis de línea y maquinas prioritarias |
| 2 | Definir el top de fallas (tiempo y repetibilidad) | | Indicadores de mantenimiento | A quien corresponda | Top de fallas |
| 3 | Según el top de fallas establecer si es necesario cambiar o agregar cambios en check list de mantenimiento autónomo | | Top definido en punto anterior check list de MTTO. autónomo | A quien corresponda | Definición de cambios en check list. |
| 4 | Establecer estos cambios en el formato de check list | | Check list de MTTO. autónomo | A quien corresponda | Cambios establecidos en el formato correspondiente. |
| 5 | Actualizar el sistema con dichos cambios. | | Sin material | A quien corresponda | Resultados cargados en sistema y actualizados |

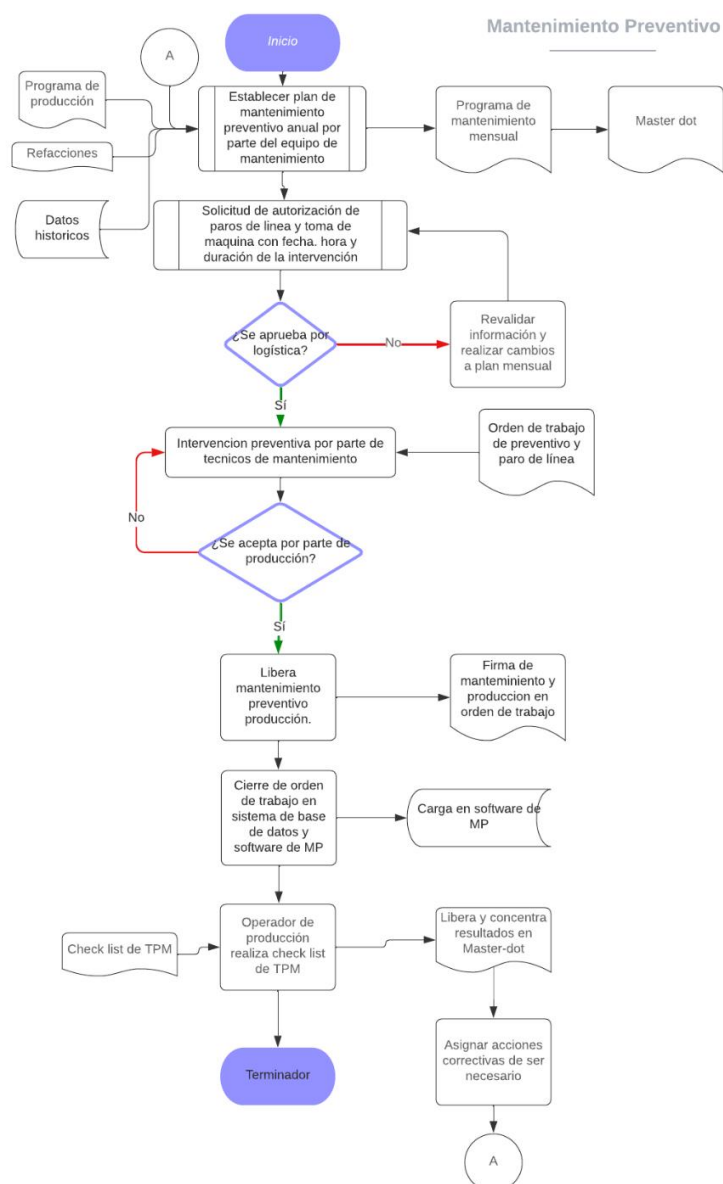
Nota Plan de mejora y auditoria de TPM. Sandra M. (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

Siguiendo los pasos del plan de mejora se evaluará la eficacia del TPM nivel 1, en la cual participa principalmente al área de mantenimiento, pero sin dejar de lado a las áreas involucradas como lo es producción y las jefaturas.

Una vez conociendo como se regirá el sistema es necesario implementar estas mejoras al sistema, en el diagrama 6 se puede observar de qué manera se incorpora al diagrama de flujo

Diagrama 6 Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo actualizado.



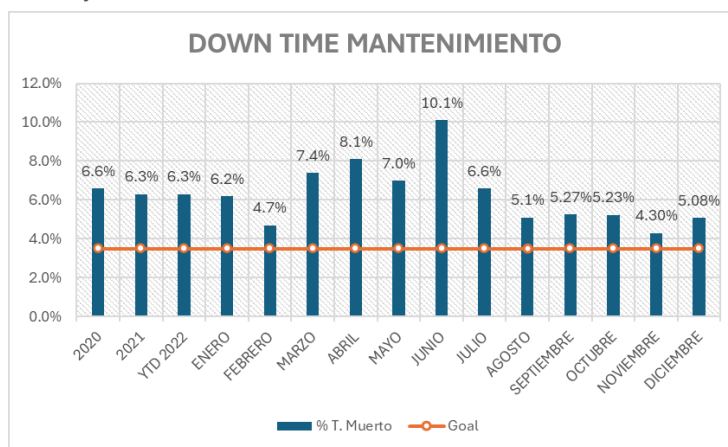
Nota Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo después de la implementación del TPM Sandra M. (2023)

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

5. Conclusiones

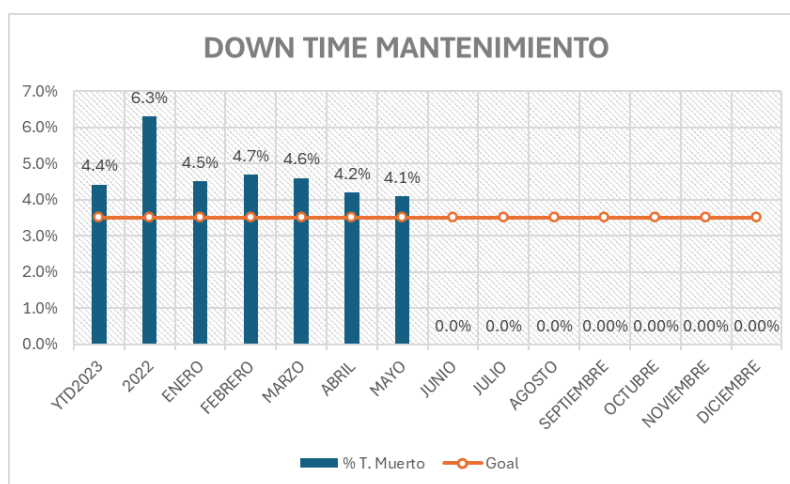
En la gráfica del año 2022 notamos que lo que fue del año no se cumplió con el objetivo del 3.5% de tiempo muerto para el área de mantenimiento, muchos de estos meses sobre pasan por más del doble a la meta lo que nos indicaba que la acumulación de fallas estaba sobrepasando al equipo, dicho esto es que se establece la necesidad de generar mejoras en el área que sirvan de apoyo para cumplir con lo requerido y por ende se implementa el TPM como medio de mejora

Grafica 9 Down time mantenimiento 2022



Nota grafica de tiempo muerto del área de mantenimiento del año 2022 C.Avenidaño (2022)

Grafica 8 Down time mantenimiento 2023



Nota grafica de tiempo muerto del área de mantenimiento del año 2023 enero a mayo C.Avenidaño (2022)

En la segunda grafica se observa que, aunque aún el área no cumple con el objetivo se tiene una gran mejora, esto gracias a la implementación del TPM y al cambio de prácticas que

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

se tuvo en el área, se habla de la recepción, intervención, liberación y registro de datos que se tienen ahora en el área que, aunque no se cumple se observa la gran diferencia que se tiene en comparación con el año 2022.

En conclusión, podemos notar que se percibe una disminución en el porcentaje de tiempo muerto mismo que nos demuestra una disminución en las fallas acumuladas, aunque en general los resultados siguen estando por fuera de la meta se observa que la implementación en una sola línea si genera el suficiente impacto para poder replicar este sistema en las líneas restantes.

Igualmente se observa que el hecho de combinar 2 herramientas como el TPM y el DMAIC hizo que la implementación tuviera un mayor orden y definición al momento del desarrollo e implementación de cada fase, al tener etapas preestablecidas y herramientas por utilizar en cada etapa el procedimiento se concentra en verificar cuales son las indicadas para el proyecto y utilizarlas.

Aunque la herramienta del TPM tenga años desde su creación es un método que puede seguir utilizándose en los procesos de la industria actual es solo cuestión de adaptarlo a las necesidades de cada empresa, es necesario considerar que lo más importante es generar un método que se adapte al personal operativo y que genere un sentido de pertenencia mayor a la empresa pero no dejando de lado que los resultados favorezcan principalmente al departamento de mantenimiento que a su vez genera mayor tiempo productivo para la empresa, este proyecto es un ejemplo de que las implementaciones deben de tomar en cuentas las necesidades de todas la áreas buscando un bien común por lo que es necesario incorporar a toda la empresa en estos proyectos.

Referencias

IATF 16949:2016 Quality Management System Requirements for Automotive Production and Relevant Service Parts Organizations. (2016).

Suzuki, T. (1994). TPM in Process Industries. Routledge.

Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM (Total Productive Maintenance). Productivity Press.

Gómez Santos, C. (2011). Mantenimiento Productivo Total. Una visión global.

<https://es.scribd.com/document/425543887/Mantenimiento-Productivo-Total-Una-Vision-Global>

Soluciones, V. (2023, 10 marzo). *HISTORIA DEL TPM: ORIGEN, DIFUSIÓN y DESARROLLO*.

Valbor Soluciones. <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/origen-y-desarrollo-del-tpm/>

Medina, J. C., López, N. A. S., Manzanilla, F. o. C. G., Fierro-Xochitotl, M. C., & Fernández, V.

G. L. (2022). Optimización del proceso de barrenado para el incremento de productividad y reducción de rechazos a través de la metodología DMAIC: Caso empresa del sector automotriz. *Estudios de Administración*, 29(1), 142-164.

<https://doi.org/10.5354/0719-0816.2022.66714>

Bernal W, Parra E. (2020) Plan de aplicación del TPM para los equipos y herramientas de la planta de fabricación y ensamblaje de vehículos de Niko Racing Colombia.

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/713>

Gormas J. (2019) Implementación Del Mantenimiento Productivo Total Para Aumentar La Productividad En La Línea De Producción De La Empresa Nego, Perú Molinera S.A.C.

2018 <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45772>

REDUCCIÓN DE FALLAS IMPLEMENTANDO TPM

López E. (2009) El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación.

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7276?locale-attribute=es>

Venkatesh, J. (2015). An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Plant Maintenance Resource Center.

Our history. (2023). Tenneco. <https://www.tenneco.com/who-we-are/our-history>

Clean air. (2023). Tenneco. <https://www.tenneco.com/products-brands/clean-air>

DRIV (2023) DRIV. <https://www.driv.com/>

Performance Solutions. (2023). Tenneco. <https://www.tenneco.com/PerformanceSolutions>

Powertrain. (2023). Tenneco. <https://www.tenneco.com/products-brands/powertrain>

Tema: La industria automotriz en México. (2024, 10 septiembre). Statista.

https://es.statista.com/temas/6404/la-industria-automotriz-en-mexico/#topicHeader_wrapper

Pineda, M. (2023, 25 julio). Clústeres manufactureros en México: líneas de acción y estrategias.

Gardner Business Media, Inc. <https://www.mms-mexico.com/articulos/clusteres-manufactureros-lineas-de-accion-y-estrategias->