

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PASO 2 PILAR MANTENIMIENTO AUTÓNOMO
TPM EN LA LÍNEA 20 DE ROLLOS DE LA EMPRESA PROTISA S.A.

JUAN CARLOS REVELO JÁCOME
CARLOS JULIO CONTRERAS GARCÍA

ASESOR: FRED GEOVANNY MURILLO RONDÓN

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
UNIVERSIDAD ECCI
BOGOTÁ 2022

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PASO 2 PILAR MANTENIMIENTO
AUTÓNOMO TPM EN LA LÍNEA 20 DE ROLLOS EN LA EMPRESA PROTISA S.A.

JUAN CARLOS REVELO JÁCOME

Código estudiantil: 22857

CARLOS JULIO CONTRERAS GARCÍA

Código estudiantil: 22834

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios, a nuestras familias que son la fuente de inspiración y soporte para todos los aspectos de nuestras vidas.

Agradecemos a los docentes de la Universidad ECCI por su dedicación, compromiso y asesoramiento por el cual resaltan la importancia del espíritu académico como base del desarrollo personal y profesional de las personas.

Agradecimiento especial al docente Fred Geovanny Murillo Rondón quién nos acompañó en el desarrollo del presente documento, realizando oportunamente las recomendaciones a lugar con la finalidad de explotar al máximo los conocimientos adquiridos en nuestro proceso académico.

INTRODUCCIÓN

La empresa Protisa S.A., bajo su nuevo nombre corporativo Softys, se dedica a la manufactura y comercialización de productos de papel tissue como papel higiénico y servilletas, haciendo parte de un segmento del sector papel, luego de 10 años de experiencia en la industria colombiana, decide lanzar su programa de excelencia operacional con la implementación de TPM, siendo Línea 20 una de sus líneas réplica. En el año 2021 inicia su implementación y se proyecta pasar al paso 2 del pilar de mantenimiento autónomo en el año 2023.

A lo largo de la historia la industria manufacturera ha estado a la vanguardia del desarrollo de mecanismos en función de lograr una excelencia operativa en sus procesos, buscando obtener cero accidentes de trabajo, cero averías, incremento de la disponibilidad de los activos y reducción del costo.

El mantenimiento es uno de los pilares fundamentales en temas de eficiencia operativa y en el presente documento se profundizará sobre los aspectos concernientes a la metodología TPM, información relevante respecto a los pilares que lo componen haciendo especial énfasis en el pilar de mantenimiento autónomo.

Para tal fin se realiza un marco referencial en donde se dará contexto sobre el estado del arte en la industria local y los principales aspectos en el ámbito internacional que permitan establecer una ruta de trabajo especializada en función de las necesidades específicas en la industria del papel, para la compañía Protisa S.A. en su Línea 20 de rollos.

El documento pretende responder la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo dar continuidad a la implementación del pilar Mantenimiento Autónomo una vez finalizada la implementación del Paso 1?

En el desarrollo de la presente propuesta se plantea el objetivo principal que corresponde en establecer las actividades necesarias para plantear la implementación del Paso

2 Pilar Mantenimiento Autónomo (MA) de la metodología TPM en la Línea 20 de rollos en la empresa Protisa S.A. para soportar este se tendrán varios elementos base de desarrollo.

Asimismo, se plantearon diferentes objetivos específicos que permitirán apoyar la propuesta, el primero es identificar los sistemas críticos, cuellos de botella y fallas crónicas dentro de la línea basándose en datos como OEE, pareto de paradas, recurrencia de fallas y así determinar la prioridad con la que se deben programar las acciones de mitigación.

También se pretende identificar las fuentes de contaminación (FDC) y áreas de difícil acceso (ADA) a través de tarjetas verdes, rojas o azules según corresponda en la metodología, dentro de la línea. Es relevante también establecer los nuevos estándares de limpieza, operación y mantenimiento autónomo (mediante Lecciones de un Punto LUP y Procedimientos Operativos Estándar POE) y por último se pretende establecer actividades y KPI de evaluación y sostenimiento de Paso 2 Eliminación de Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso.

El documento presenta el estado actual de la implementación del Paso 1 del pilar de mantenimiento autónomo de TPM, posteriormente se identifican los principales aspectos para diseñar los pasos necesarios en la implementación del Paso 2 de la metodología.

RESUMEN

El presente trabajo describe los principales aspectos relacionados con procesos de mejora continua y manufactura esbelta, haciendo énfasis en lo concerniente a metodologías de mantenimiento tales como el TPM, en este último aspecto se enfoca en el paso 2 del pilar de mantenimiento autónomo.

La empresa que es objeto de estudio, Protisa S.A., tiene implementado el paso 1 del pilar de mantenimiento autónomo, el presente documento busca establecer una propuesta que le permita a la compañía continuar el proceso de implementación y desarrollo de la filosofía.

Para tal efecto es necesario validar la información actual de los ciclos operativos en la Línea 20 de rollos determinando los impactos obtenidos luego de la implementación y puesta en marcha del paso 1 y establecer la manera en la cual se debe proceder para dar continuidad al paso 2.

Palabras clave: TPM, Mantenimiento Autónomo, Mejora Continua, OEE, Mantenimiento Preventivo, Productividad

ABSTRACT

This document describes the main aspects related to continuous improvement and lean manufacturing processes, with emphasis on maintenance methodologies such as TPM, focusing on step 2 of the autonomous maintenance pillar.

The company under study, Protisa S.A., has implemented step 1 of the autonomous maintenance pillar, this document seeks to establish a proposal that allows the company to continue the process of implementation and development of the philosophy.

To this end, it is necessary to validate the current information on the operating cycles on Line 20 of rolls by determining the impacts obtained after the implementation and start-up of step 1 and to establish the way in which to proceed in order to continue with step 2.

Keywords: TPM, Autonomous Maintenance, Continuous Improvement, OEE, Preventive Maintenance, Productivity.

Tabla de contenido

1. Título de la investigación	13
2. Problema de investigación	13
2.1 Descripción del problema	13
2.2 Formulación del problema	14
3. Objetivos	14
3.1. Objetivo general	14
3.2. Objetivos específicos	14
4. Justificación y delimitación	15
4.1. Justificación	15
4.2. Delimitación	15
4.3. Limitaciones	15
5. Marco de Referencia	16
5.1. Estado del arte	16
5.1.1 Estado del arte nacional	16
5.1.2 Estado del arte internacional	20
5.2. Marco teórico	22
5.2.1. Definición de metodología TPM	22
5.2.2. Objetivos del TPM	23
5.2.3. Herramientas TPM	24
5.2.3.1. 5S	24
5.2.3.2. Ciclo CAPD	26
5.2.4. Pilares TPM	27
5.2.5. Factores de soporte y retos en la implementación de TPM	32
5.2.6. ACR (Análisis de Causa Raíz)	34
5.2.7. ADF (Análisis de Fallos)	35
5.2.8. MTBF (Mid Time Between Failure, Tiempo Medio entre Fallos)	37
5.2.9. MTTR (Mid Time To Repair, Tiempo Medio De Reparación)	37
5.2.10. OEE (Overall Equipment Effectiveness, Eficiencia General del Equipo)	38
5.2.11. Árbol de pérdidas	39
5.2.12. Centro Estadístico de Proceso	40

6. Marco metodológico de la investigación	41
6.1. Tipo de investigación	41
6.2. Fuentes de información	42
6.2.1. Fuentes primarias	42
6.2.2. Fuentes secundarias	42
6.3 Diseño metodológico	42
7. Resultados y/o propuesta de solución	43
7.1. Identificación de sistemas críticos	43
7.1.1 Caracterización de Línea 20 de rollos	43
7.1.1.1 Descripción del proceso de conversión	45
7.1.2. Resultados de Línea 20 KPI	53
7.1.3. Pareto de pérdidas	56
7.1.4. Educación y Entrenamiento	57
7.2. Identificación de fuentes de contaminación	59
7.2.1. Estado de condición básica	59
7.2.1.1. Condición básica laminación	61
7.2.1.2. Condición básica empaquetadoras y ensacadoras	62
7.2.1.3. Estado de 5S	65
7.3. Elaboración y cumplimiento de ejecución de los estándares de limpieza	67
7.3.1. Cumplimiento de auditorías 5S	68
7.4. Propuesta de implementación de actividades y KPI de avance	69
7.4.1. Ejecución de CAPD	69
7.4.2. Implementación de controles visuales	70
7.4.3. Implementación de lubricación a través de operadores	72
7.4.4. Capacitación en habilidades de operación	74
7.4.5. Cierre de tarjetas rojas (mantenimiento)	75
7.4.6. Mejora de lugares de difícil acceso	75
8. Análisis financiero	75
9. Conclusiones y recomendaciones	78
9.1. Conclusiones	78
9.2. Recomendaciones	79
10. Referencias	80

Índice de figuras

Figura 1 5S.....	26
Figura 2 Pilares TPM.....	32
Figura 3 Diagrama causa-efecto.....	37
Figura 4 Enfoques de la Investigación.....	41
Figura 5 Línea 20 de rollos.....	44
Figura 6 <i>Jumbo de papel</i>	45
Figura 7 Colilla de jumbo.....	46
Figura 8 <i>Sistema de banda pasa papel</i>	46
Figura 9 <i>Diagrama de unidad de laminado</i>	47
Figura 10 <i>Logs formados llegan al acumulador</i>	49
Figura 11 <i> Tubetes antes del paso en la transferencia</i>	50
Figura 12 <i>Bandas de 4 pistas</i>	50
Figura 13 <i>Enhebrado de polietileno</i>	51
Figura 14 <i>Polietileno usado en la ensacadora</i>	52
Figura 15 <i>Presentación de empaque final para estibado</i>	52
Figura 16 <i>Tiempo de falla vs tiempo de limpieza acumulado 2022</i>	55
Figura 17 <i>Estándares de limpieza ejecutados en el 2022</i>	56
Figura 18 <i>Indicador Regulación/Ajuste a través del 2022</i>	57
Figura 19 <i>Tarjeta Verde</i>	60
Figura 20 <i>Tarjeta Roja</i>	60
Figura 21 <i>Tarjeta Azul</i>	61
Figura 22 <i>Manivelas de rodillo cliché en estado de deterioro</i>	62
Figura 23 <i>Acumulación de polución en empaquetadora</i>	63
Figura 24 <i>Tornillería fuera de condición en empaquetadora</i>	64
Figura 25 <i>Parámetro fuera de especificación</i>	64
Figura 26 <i>Condición de mueble vestimentas</i>	65
Figura 27 <i>Desfogue de piso rejilla sin limpieza</i>	66
Figura 28 <i>Área de tanque de adhesivo con suciedad</i>	66
Figura 29 <i>Ejemplo de diligenciamiento, tabla de ejecución de estándares de limpieza en empaque</i>	68

Figura 30 <i>Sensor sin marcas de posición</i>	71
Figura 31 <i>Soporte de guías sin marcas de posición</i>	71
Figura 32 <i>Guías sin marcas de posición</i>	72
Figura 33 <i>Ejemplo: gráfica de seguimiento controles visuales</i>	72
Figura 34 <i>Rodamiento de banda desenrollador</i>	73
Figura 35 <i>Rodamiento de rodillo prensa</i>	73
Figura 36 <i>Rodamiento de punzones desenrollador</i>	74
Figura 37 <i>Ejemplo de tabla de calificación de habilidades</i>	74

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Cumplimiento trimestral de la meta de OEE en el año 2022</i>	53
Tabla 2	<i>Número de paros por fallas en el año 2022</i>	53
Tabla 3	<i>Tiempo perdido paros por fallas en el año 2022</i>	53
Tabla 4	<i>Tiempo perdido paros por fallas en el año 2022 para la unidad Bobinadora</i>	54
Tabla 5	<i>Tiempo perdido limpieza programada en unidad Bobinadora en el año 2022</i>	54
Tabla 6	<i>Pareto de tiempo perdido acumulado 2022</i>	56
Tabla 7	<i>Estado de creación y cierre de tarjetas paso 1 MA</i>	59
Tabla 8	<i>Tiempos de parada empaque Línea 20</i>	63
Tabla 9	<i>Número sugerido de estándares de limpieza creados por sistema</i>	67
Tabla 10	<i>Tabla de control ejecución de estándares de limpieza</i>	67
Tabla 11	<i>Ejemplo tabla de avance CAPD</i>	70
Tabla 12	<i>Factor prestacional</i>	76
Tabla 13	<i>Costo Hora / Hombre</i>	76
Tabla 14	<i>Número de sesiones por cargo</i>	77
Tabla 15	<i>Costo de sesiones por cargo</i>	77

1. Título de la investigación

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PASO 2 PILAR MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM EN LA LÍNEA 20 DE ROLLOS EN LA EMPRESA PROTISA S.A.

2. Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

En un mercado cada vez más competitivo, que demanda mayor agilidad, innovación y adaptación a las nuevas tecnologías, es cada vez más importante para el sector real mantenerse a la vanguardia de métodos y estrategias que permitan rentabilizar el negocio y fidelizar al cliente.

La industria papelera, en resumen, se compone de la producción de celulosa, cartón, papel blanco, papel brillante y papel tissue, este último siendo el que representa la actividad productiva de Protisa S.A.

El papel tissue es un papel de bajo gramaje, suave y con capacidad de absorción, ideal para aplicaciones de personal care como papel higiénico, toallas de manos, toallas de cocina y servilletas.

La industria del papel tissue presenta un producto que se beneficia de la venta en volumen con un margen pequeño, de ahí que para las compañías del sector sea de suma importancia llevar sus mudas al mínimo sin realizar grandes inversiones de capital.

La compañía Protisa S.A. en sus líneas de rollos presenta mudas importantes en cuanto a, disponibilidad por fallas mecánicas, fallas eléctricas, limpieza no programada y capacitación de personal, por lo cual ve afectados sus indicadores y rentabilidad, adicional, por la naturaleza de la maquinaria involucrada, es fundamental que cualquier cambio o mejora dentro de sus procesos tenga en cuenta los más altos estándares de seguridad industrial.

En Protisa S.A. Línea 20 de rollos se viene implementando el Paso 1 del pilar Mantenimiento Autónomo (MA) logrando generar estándares básicos provisionales de limpieza,

llevando activos a punto y logrando entender principios de funcionamiento en sistemas críticos con graves afectaciones a los indicadores, se ha documentado con éxito las Lecciones de un Punto relacionadas con la limpieza y correcta operación de los sistemas críticos, así como los ajustes Center Line.

Con la madurez que ya tiene la Línea 20 y teniendo en cuenta el árbol de pérdidas, extensos tiempos de limpieza, dificultad para realizar los estándares provisorios, fallas repentinas de los equipos con largos tiempos de reparación, surge la necesidad de continuar en la implementación del Pilar de Mantenimiento Autónomo.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo dar continuidad a la implementación del pilar Mantenimiento Autónomo una vez finalizada la implementación del Paso 1?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Establecer las actividades necesarias para realizar la implementación del Paso 2 Pilar Mantenimiento Autónomo (MA) de la metodología TPM en la Línea 20 de rollos en la empresa Protisa S.A.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los sistemas críticos, cuellos de botella y fallas crónicas dentro de la línea basándose en datos como OEE, pareto de paradas, recurrencia de fallas y así determinar la prioridad con la que se deben programar las acciones de mitigación.
- Identificar las fuentes de contaminación (FDC) y áreas de difícil acceso (ADA) a través de tarjetas verdes, rojas o azules según corresponda en la metodología, dentro de la línea.
- Establecer las necesidades de creación de estándares de limpieza, operación y mantenimiento autónomo.

- Establecer actividades y KPI de evaluación y sostenimiento de Paso 2 Eliminación de Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso.

4. Justificación y delimitación

4.1. Justificación

La compañía Protisa S.A. requiere sostener y mejorar los estándares y avances logrados en la implementación del Paso 1 del pilar Mantenimiento Autónomo en la Línea 20 de Rollos los cuales han representado una mejora en sus KPI así como en el sentido de pertenencia y apropiación de conocimiento en los colaboradores de la línea, por lo cual al continuar persiguiendo la excelencia operacional es necesario que la Línea 20 de rollos continúe en la implementación de Paso 2, formando una fuerza de trabajo con mayor capacitación, experticia y consolidándose como un equipo autónomo.

El objetivo del paso 2 de Mantenimiento Autónomo corresponde a la Eliminación de Fuentes de Contaminación y Lugares de Difícil Acceso mediante la metodología ECRS: Eliminar, Combinar, Reducir, Simplificar. De esta manera controlando la contaminación en su fuente, simplificando la operación y reduciendo los tiempos de ejecución de los estándares de limpieza.

Finalmente, la compañía se verá beneficiada en el incremento general del OEE, costo de conversión y reducción de averías de la Línea 20 de rollos.

4.2. Delimitación

El presente documento tiene como alcance establecer las actividades necesarias para plantear la implementación del Paso 2 Pilar Mantenimiento Autónomo de la metodología TPM en la Línea 20 de rollos en la empresa Protisa S.A.

4.3. Limitaciones

- Limitaciones Financieras. Los recursos destinados al desarrollo de esta propuesta serán aportados por los autores del mismo.

- Limitaciones de Infraestructura. Las propuestas no podrán incluir modificaciones o inversiones de infraestructura.
- Limitaciones de Método. El proyecto se limita al paso 2 del Pilar de Mantenimiento Autónomo TPM.

5. Marco de Referencia

5.1. Estado del arte

Durante la consulta realizada para el desarrollo de este proyecto se encontró información de diversos autores sobre el origen del TPM, ejemplos de implementación y su desarrollo en Colombia, así como sus diferentes etapas en los pilares, identificando casos de éxito, barreras, beneficios y en general acerca del desarrollo de los procesos, por lo cual es importante citarlos y relacionar su aporte en la implementación de TPM en empresas nacionales.

5.1.1 Estado del arte nacional

La implementación de TPM en empresas del sector productivo en Colombia data ya de hace dos décadas como lo menciona (Nepta, 2018) en su artículo “TPM para la industria colombiana”, grandes plantas ubicadas en el territorio nacional decidieron lanzar su declaración de TPM y con ello, pasados un par de años, ver un resultado muy positivo en indicadores de planta como tasa de accidentalidad, días perdidos por accidentes, OEE, % defectos, número de fallos, MTBF, MTTR, entre otros.

En línea con lo mencionado por (Nepta, 2018) y validado la publicación *“Propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a la empresa Harinera del Valle, caso de estudio: línea de brownie planta Mama-ía Bogotá”* se encuentra una fuerte relación en la implementación de programas de gestión de mantenimiento en la industria. Para el caso mencionado, se plantea un objetivo sobre la determinación y posterior propuesta de una metodología de mantenimiento en una línea de producción específica de la compañía, que le permita a la misma mejorar la

gestión del mantenimiento, pasando por el diagnóstico actual del proceso, recopilación y análisis de las metodologías existentes y posteriormente proponer un modelo que se adecue a los indicadores de gestión, para este propósito se analizan metodologías tales como TPM y RCM. (Leyton & Castro, 2021)

En relación con validaciones para la implementación de metodología TPM en la industria local, se encuentra el documento *“Plan de aplicación del TPM para los equipos y herramientas de la planta de fabricación y ensamblaje de vehículos de Niko Racing Colombia”* en el cual se establece como objetivo principal el realizar el plan por el cual se aplica la metodología TPM en equipos en la planta de fabricación y ensamblaje, enfocados en encontrar mejoras en los problemas de sobrecostos y demoras en las entregas manteniendo los niveles de rentabilidad de la compañía. El proyecto tiene una delimitación a los pilares del TPM referentes al mantenimiento autónomo [Jishu Hozen] y a las mejoras enfocadas [Kobetsu Kaizen], pasando por herramientas como las 5S, con un enfoque específico. (Bernal & Parra, 2020)

En el documento *“Estructuración del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores Siemens S.A.”* se propone estructurar los pilares básicos del TPM con el fin de aumentar la disponibilidad y confiabilidad en los equipos de una sección de la línea de producción, lo anterior apoyado en diagnóstico del OEE y la productividad de los equipos críticos, ejecutar planes de capacitación al personal (fundamento del Mantenimiento Autónomo), definir políticas y objetivos al equipo encargado del TPM, establecer pilares de Mantenimiento Planeado, Mantenimiento Autónomo y Mejoras Enfocadas, realizar evaluaciones de los indicadores de gestión. (Lozada & Sánchez, 2013)

También en el estudio previamente mencionado se destaca la importancia de la participación, apoyo y gestión de la alta dirección de la organización, así como el factor humano siendo este último clave para la efectiva implementación de la metodología TPM, por lo tanto,

una recomendación entregada es que la capacitación del personal es fundamental para el éxito de la implementación y sostenimiento de los programas asociados al TPM. (Lozada & Sánchez, 2013)

Establecer metodologías de mantenimiento en las compañías que se ajusten a la realidad de las empresas es de alta relevancia en la actualidad, para ilustrar esta situación se valida el trabajo de investigación titulado *“Propuesta para la implementación de estrategias de mantenimiento a equipos y herramientas de los centros de servicio y servicios in-house de la empresa Automundial S.A.”*, en el cual se plantea un problema en la ejecución del préstamo del servicio para con sus clientes debido a fallos en las herramientas y los equipos necesarios para tal fin, por lo cual se ve disminuida la disponibilidad de estos generando afectación directa en los recursos económicos de la compañía; derivando en el siguiente planteamiento del problema de investigación: *“¿Qué estrategia de gestión de mantenimiento es la más adecuada para elevar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, equipos y herramientas de Automundial S.A.?”*. (González et al., 2022)

En el desarrollo de la investigación se estudian diferentes metodologías y herramientas de mantenimiento con la finalidad de determinar el modelo que más se adecúa a las necesidades de la compañía, algunas de las validadas es el TPM y pilares como el Mantenimiento Autónomo, análisis de criticidad, entre otras. (González et al., 2022)

En la propuesta titulada *“Aplicación de los pasos I y II del plan de mantenimiento autónomo basado en el mantenimiento productivo total para el Grupo Santa María por la Empresa EAT SERTA”* se plantea una propuesta de implementación de los pasos iniciales del pilar de Mantenimiento Autónomo en función de mejorar los índices de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de unos equipos específicos en una planta del Grupo, lo anterior basado en el mejoramiento de las condiciones de limpieza, eliminando las fuentes de contaminación y generando acceso a los puntos de difícil accesibilidad por parte del personal operativo. Así mismo, otro objetivo propuesto es la integración de los pasos I y II del pilar de

mantenimiento autónomo con herramientas como el análisis de criticidad de equipos para lograr fines específicos en la gestión de inventarios de la compañía. (Cardona & Castaño, 2020)

Diversas maneras de implementación de TPM se realiza en función de las necesidades específicas del área en donde se realiza la aplicación de la metodología, esto se puede evidenciar en el documento *“Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A.”*, en el cuál por medio de la aplicación de la metodología RCM se apalanca en el pilar de mantenimiento planeado el cual hace parte del TPM, esto permite establecer relaciones en las diferentes herramientas del mantenimiento (Rubiano, 2021)

Los autores del título *“Análisis de los pasos 1-3 de TPM en la línea de empaque ICA”* resaltaron la importancia de realizar el análisis de los resultados obtenidos luego de la implementación de los primeros pasos del TPM, lo anterior utilizando herramientas tales como indicadores de producción y cuadro comparativos entre el TPM y los sistemas de gestión directamente implementados para el caso de estudio (Mendoza & Ramírez, 2016).

De lo anterior es relevante mencionar que las propuestas de implementación de TPM en las empresas pueden tomar como referencia esta clase de estudios en donde se detallan resultados de las implementaciones. Por ejemplo, en el caso de la línea de empaque ICA, los autores concluyeron bajas considerables en las averías en el proceso productivo, así mismo los procesos de capacitación crean cultura de prevención del riesgo permitiendo tomar medidas en función de las condiciones de trabajo inseguras, otros factores relevantes es el impacto positivo en los costos de producción (Mendoza & Ramírez, 2016).

En trabajos como *“Formulación del plan de implementación de TPM en el paso 2 de mantenimiento autónomo en una empresa de alimentos de Bugalagrande”* se describen las fases de implementación de los pilares de TPM y se hace especial énfasis en los requerimientos, beneficios y resultados que supone llevar a cabo la ejecución del paso 2 de

Mantenimiento Autónomo. Asimismo, plantea herramientas de seguimiento y gestión para la medición y en procura de garantizar el cumplimiento de la ejecución de implementación del paso 2 de Mantenimiento Autónomo (Coy, 2021).

Publicaciones como *“Implementación del pilar de mantenimiento autónomo de TPM en las plantas de molienda húmeda y refinería de jarabes de maíz”* presentan herramientas para la implementación del pilar de Mantenimiento Autónomo, teniendo como base el diagnóstico sobre necesidades de capacitación sobre la filosofía de TPM, realizar la identificación de pérdidas de rendimiento y eficiencias, buscar la mejora de las condiciones físicas para la seguridad industrial por medio de la detección de las condiciones inseguras que se presentan en los lugares de trabajo y buscando la mejora de la confiabilidad en los equipos. Asimismo, recomienda realizar implementaciones desde la perspectiva del proceso End to End y no desde áreas independientes e implementaciones individuales (Villegas, 2013).

5.1.2 Estado del arte internacional

En medio de la información consultada en el ámbito internacional, se encuentran diferentes publicaciones que ejemplifican implementaciones de metodologías como el TPM ya sea de manera integral o parcial (ya sea alguno de los pilares, o inclusive solo unos pasos de alguno de los pilares del TPM). También cabe resaltar que los textos referenciados en el presente documento contienen información relacionada con casos de estudio específicos en el ámbito de la implementación de metodologías de mantenimiento.

Se describe en el título *“Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso”* algunas de las herramientas claves para la implementación de TPM en una compañía industrial entre los cuales se resalta la necesidad del establecimiento de un cronograma y calendarización de mantenimiento preventivo, realizar un listado de los componentes y equipos del área sujeta al proceso metodológico, por medio de la ejecución validar la disminución de tiempos relacionados al mantenimiento correctivo, aumentar el rendimiento de los equipos desde la puesta en marcha,

involucrar a todas las áreas relacionadas con el procesos metodológico y capacitar sobre el modelo, definir actividades específicas en función del mantenimiento para el personal operativo a cargo de los procesos y aplicar las herramientas para asegurar el buen estado y funcionamiento de los equipos (Bohórquez, 2008).

En otras investigaciones como la citada *“Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) en plantas de tratamiento: una revisión de la literatura científica.”* se referencia y diserta sobre varios trabajos enfocados en el tema, se presenta también un contexto general e introducción a la metodología TPM para aplicación específica en el área de plantas de tratamiento de diferentes industria; también referencia el uso de herramientas clave en el desarrollo de la metodología siendo las 5S y los diagramas de pareto unos de los más citados. Se presentan las limitaciones que tiene el TPM y se destaca que su principal uso es en la industria manufacturera y baja aplicación en otro tipo de industrias, los pilares si bien son independientes, para ser un modelo efectivo debe buscar la aplicación en interrelación de todos los pilares y el OEE es un factor clave en la medición del modelo (Camacho & Lucano, 2020).

En investigación de Guariente et al. Se hace referencia a las industrias susceptibles de implementación de metodologías de mantenimiento, además de la manufactura, la industria automotriz tiene gran impacto con la implementación de citadas estrategias, esta industria en la historia ha sido pionera en desarrollo de diferentes tipos de herramientas en función de la mejora continua. Por otra parte M. Farnsworth. et al. (2015, como se citó en Guariente et al., 2017), dice que el mantenimiento *“Puede entenderse como un conjunto de técnicas y herramientas que garantizan la calidad y la fiabilidad de las máquinas, los equipos y las instalaciones de una industria, de modo que no se produzcan interrupciones inesperadas en el sistema.”* Entrega adicionalmente un análisis de los tipos de mantenimiento que habitualmente se utilizan en la industria y la manera en la cual la implementación de la metodología de TPM, pero específicamente el pilar de Mantenimiento Autónomo transforma la manera en la cual estos son ejecutados (2017).

De acuerdo con una investigación referente a un caso de estudio en la industria manufacturera en términos relacionados con el TPM, se describen los pilares de la metodología y los pasos a seguir para lograr el éxito de su implementación se destaca la evaluación de la efectividad de la implementación del TPM en término del cálculo del OEE antes y después de la puesta en marcha, lo enmarca como un indicador clave en el resultado, todo esto soportado por medio de la eliminación de pérdidas de tiempo en paradas programadas de mantenimiento, fallos en los equipos, errores en procesos, paradas no programadas, disminución de defectos de calidad y reprocesos (Workneh & Singh, 2012).

Varios textos han sido referenciados en el presente documento con el fin de identificar las herramientas más comunes utilizadas en la implementación de la metodología TPM y metodologías de mejora continua, encontrando así que es comúnmente destacada como base de todos los pilares la herramienta de las 5S junto con los diagramas de pareto. También se destaca la importancia del uso de diferentes medios para realizar mediciones y control de procesos, se utiliza el OEE, % defectos, número de fallos, MTBF, MTTR, entre otros, los cuales pueden ser referencia para en el desarrollo de la propuesta en gestión.

5.2. Marco teórico

5.2.1. Definición de metodología TPM

Una forma de mantenimiento productivo con el involucramiento de todos los empleados fue la idea base que dio origen al TPM, creado para la industria del automóvil, rápidamente se desarrolló e implementó en nuevos tipos de industria incluyendo la de proceso, apoyándose en su experiencia con el mantenimiento preventivo (Suzuki, 1996).

Continuando con el concepto del mantenimiento productivo e introduciéndonos en la definición en la cual es basado el concepto de TPM, cabe resaltar que *“El concepto en el que se basa el proceso TPM está bien definido: para garantizar su aplicación con éxito, la optimización del proceso productivo debe incluir la reducción de las averías de las máquinas,*

minimizando así los residuos y el consumo de productos durante el proceso” S. Nakajima (1989, como se citó en Guariente et al., 2017). En este sentido también tenemos que “Derivado de la filosofía Lean, una de las herramientas utilizadas en los procesos de mantenimiento es el TPM, que consiste en un conjunto de técnicas para abordar la optimización de los procesos de mantenimiento. Cuando se aplica, da lugar a la reducción de los residuos y a un aumento significativo de la productividad de la empresa implicada” J.P. Pinto (2013, como se citó en Guariente et al., 2017).

Partiendo de los principios de cero averías, cero defectos y cero accidentes, esta metodología de trabajo ha demostrado mejoras visibles, tangibles y significativas en sus procesos.

5.2.2. Objetivos del TPM

De acuerdo con los procesos metodológicos del TPM se puede fundamentar sus metas en los siguientes objetivos principales de la implementación, el primero hace referencia a evitar el deterioro de los equipos y herramientas derivados de la ejecución de actividades y tareas de manera correcta por parte de los operarios de estas. El segundo aspecto relevante es tener los equipos de trabajo en estado óptimo derivado de un proceso de restauración y manejo adecuado y por último se busca definir condiciones mínimas para asegurar que el equipo se encuentre en buen estado permanentemente por medio de un mantenimiento adecuado (Suzuki, 1996).

Ahora bien, también se puede referenciar como objetivos del TPM el encontrar una reducción de costos, aumento de la producción y aumento en la disponibilidad de los equipos. Sin embargo, el objetivo base de esta metodología es lograr cero averías en el proceso productivo. El uso de la metodología busca asegurar el mantenimiento básico de los equipos y herramientas por medio de tareas sencillas que no requieren normalmente un nivel alto de especialidad de conocimiento sobre el activo, si no que enfoca sus esfuerzos en que el usuario u operario del activo logre ejecutar tareas tales como la inspección visual, limpieza, lubricación,

ajuste de tornillos y partes móviles, registros de datos, con el fin de obtener los resultados mencionados (Garrido, 2003).

Se pueden referenciar también cinco objetivos específicos en el establecimiento de la metodología TPM según S. Nakajima, y otros, y Nakajima 5S@ (1991, 2005 como se citó en Mora, 2009):

- *“Mejora en la eficiencia del equipo.*
- *Mantenimiento autónomo por los operadores.*
- *Un plan de mantenimiento administrado por el departamento de mantenimiento.*
- *Entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento.*
- *Un programa de administración del equipo para prevenir problemas que ocurran durante nuevas instalaciones o arranque de máquinas.”*

Asimismo, puede resumirse todos los puntos anteriormente mencionados en la pretensión de cuidar y mantener los equipos en su estado básico u óptimo basado en la mejora continua.

5.2.3. Herramientas TPM

5.2.3.1. 5S

La principal base del TPM consiste en aplicar la herramienta de las 5S la cual deriva de una definición provenientes de Japón, y debe entenderse como una filosofía, cuyo objetivo principal es presentar un estándar de trabajo en donde recaen todos los pilares de la metodología TPM

Se procede a dar una descripción general de las herramientas de acuerdo con lo referenciado por (Fernández, 2020):

- Seiri (clasificar):

Su principal objetivo es asegurar que los puestos de trabajo de los funcionarios cumplan con una organización determinada por la compañía o por estándares de la industria. Con esto se busca que las herramientas necesarias para desarrollar la función asignada estén

debidamente clasificadas, marcadas. De paso esto ayuda a eliminar fuentes de contaminación, disminuir las condiciones inseguras y liberar las zonas de trabajo.

- Seiton (ordenar):

Posteriormente a la fase de clasificación según sea la técnica que sea elegida para tal fin y se determine los elementos que son realmente necesarios en el proceso productivo y se necesitan en el puesto de trabajo, es requerido establecer un mecanismo para su correcto almacenamiento y funcionamiento, un lugar especial para cada herramienta, de tal modo que su acceso sea eficiente y seguro.

- Seiso (Limpiar):

Como parte de la metodología del TPM la herramienta de mantenimiento autónomo es factor fundamental, por consiguiente, esta herramienta busca optimizar las operaciones de los usuarios de los equipos y para las tareas de limpieza que le son asignadas, se agregan tareas de básicas del mantenimiento preventivo, en medio de la verificación de los activos, se solicita validar el estado de los mismo y realizar labores básicas de inspección y lubricación.

- Seiketsu (Estandarizar)

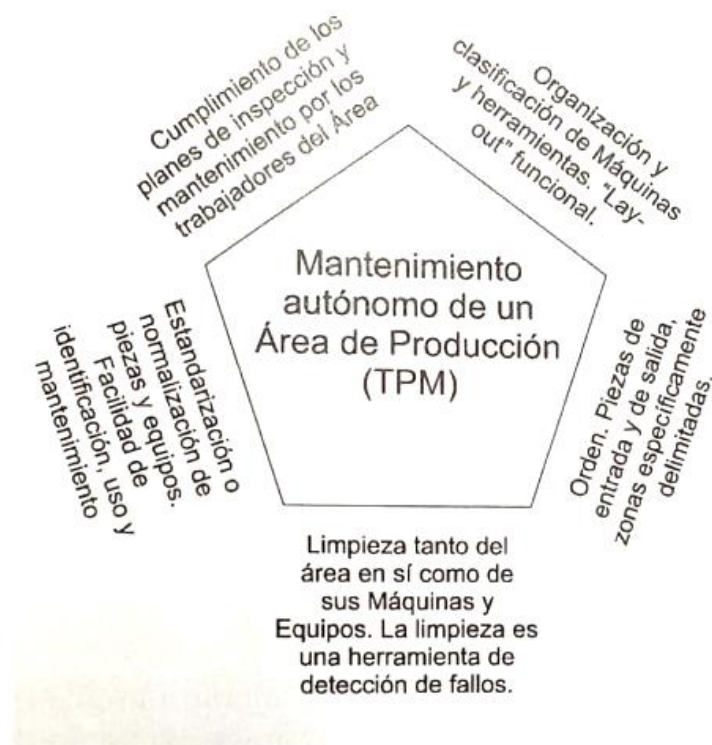
Para facilitar las operaciones de mantenimiento y de seguridad se realizan labores de estandarización de procesos y procedimientos en función del mantenimiento autónomo, se generan códigos de colores, fichas y espacios físicos debidamente delimitados para que la interpretación y guía visual sean de gran apoyo para los usuarios de las áreas y los activos sujetos de estas herramientas de estandarización.

- Shitsuke (Disciplina)

Las gestión de los estándares definidos en torno a la clasificación, marcación, orden, labores de limpieza, verificación y lubricación que sean definidas toman vital relevancia cuando los operarios o usuarios de los activos las realizan de manera autónoma, consciente, responsable y rutinaria, por consiguiente tener disciplina en estas actividades fomentan una

cultura de gestión del mantenimiento y del riesgo de manera significativa en las compañías, líneas de producción o áreas en donde son implementadas.

Figura 1 5S



Tomado de (Fernández, 2020)

5.2.3.2. Ciclo CAPD

El ciclo de mejora CAPD es una de las herramientas usadas en el pilar de Mejora Enfocada, sin embargo debido a que utiliza diferentes herramientas del pilar de Mantenimiento Autónomo para su desarrollo, se encuentra documentado dentro de este último.

De acuerdo con Suzuki, el ciclo de mejora CAPD tiene especial enfoque en búsqueda de la mejora continua toda vez que permite de manera sistémica realizar monitoreo sobre procesos productivos, generando actividades de mejora, permitiendo así ser un modelo que en el tiempo genera procesos más eficientes. (1996)

- Chequear (C): validación inicial de los equipos permitiendo descubrir irregularidades individuales o fallos sistemáticos
- Actuar (A): realizar actividades en función de eliminar las fuentes de contaminación y los lugares de difícil acceso
- Panificar (P): establecer estándares de limpieza e inspección
- Hacer (D o Do): ejecutar los chequeos basados en los estándares establecidos

5.2.4. Pilares TPM

Corresponde a los factores clave y estructura de la metodología en función de lograr los objetivos referentes con la satisfacción del cliente, el aseguramiento de los procesos productivos, la capacitación continua del personal, incluyendo en este aspecto la cultura organizacional que el modelo genera y por último la mejora continua en el área de aplicación.

La descripción de los pilares es clave para el entendimiento de la metodología, a continuación, el detalle general de cada uno de ellos (Mora, 2009):

- Mejoras enfocadas:

Corresponde a tareas que ejecutan diversas personas dentro de la organización en función de la efectividad de los activos, equipos, líneas de producción, plantas, procesos, buscando la reducción de las pérdidas más comunes o significativas.

- Mantenimiento autónomo:

Hace referencia a las actividades y tareas que ejecutan las personas responsables de la operación en función de ejecutar labores propias del mantenimiento y asegurando que el espacio de trabajo se encuentre en óptimas condiciones.

Para otros autores como Fernández los objetivos de la implementación del pilar de mantenimiento autónomo en la industria se encuentran en la reducción del número de averías de los equipos, soportado no solo por áreas de mantenimiento, sino que los operarios o usuarios por medio de una serie de actividades pueden soportar la operación y tener dicha disminución. Otro objetivo se encuentra enmarcado en la oportunidad de disminuir los tiempos

tanto de espera como de reparación y mantenimiento de los equipos de trabajo, en el entendido de que los operarios pueden por medio de inclusión de tareas en sus actividades diarias realizar mantenimiento que permitan subsanar fallos mínimos en los equipos. Incluye también como objetivo la capacidad de aumentar el control sobre las herramientas ya que se responsabiliza a cada trabajador sobre los implementos requeridos para las responsabilidades de la operación y mantenimiento. Por otro lado, el ahorro de energía puede también ser objeto de optimización ya que al asegurar revisión de los activos por medio de los operarios existirían menos tiempos muertos en la operación, entonces la condición básica del equipo será óptima. Por último, lograr una fuerte experiencia de los operarios en torno al conocimiento de los equipos que tiene a cargo, por la tanto se vuelve integral, no solo se encarga de la operación, sino que aporta desde el mantenimiento básico del activo (Fernández, 2020).

El pilar de mantenimiento autónomo, así como otros pilares, cuenta con una serie de pasos encaminados al logro de los objetivos previamente mencionados. Dentro de los pasos se encuentran los siguientes de acuerdo con (Suzuki, 1996):

- Paso 1 Limpieza Inicial: Consiste en las actividades básicas de limpieza de los equipos tales como la eliminación del polvo, aunque también hace referencia a la limpieza el entorno en el cual se encuentre el activo y la tarea de retirar todos los elementos que no sean requeridos en el espacio del equipo. Su objetivo principal consiste en evitar el desgaste que traería al equipo trabajar en condiciones de presencia de polvo y otras partículas que pueden ser retiradas fácilmente con una rutina definida. Asimismo se busca asegurar que el equipo esté en sus condiciones básicas de trabajo.

Un mecanismo comúnmente utilizado para realizar la marcación o identificación de algún tipo de anomalía corresponde a la referenciación de un tema anormal por medio de tarjetas de colores, que permiten visualmente hacer señalamientos de manera sistemática la situación. Estas tarjetas contienen como mínimo

información de la situación evidenciada, la persona que encontró la anomalía y qué tipo de problema acarrea esta situación.

Asimismo es importante resaltar que las tarjetas usualmente utilizan un código de colores definido por la compañía para documentar cada tipo de situación.

Las tarjetas de color rojo son usualmente empleadas para labores de mantenimiento ajenas al operario o al usuario del activo, es decir, requiere de atención del personal de mantenimiento ya que la anomalía acarrea algún tipo de pérdida o de falla en la condición básica del equipo. Otras convenciones pueden ser las tarjetas de color blanco o azul en donde se demarcan situaciones que pueden ser fácilmente solucionadas por el usuario del activo. Para otras situaciones específicas se podrán utilizar tarjetas de color verde para documentar condiciones inseguras del espacio físico, la maquinaria, herramienta o entorno de trabajo.

- Paso 2 Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso:

Hace referencia a la reducción de las fuentes que generan contaminación como el material particulado que se adhiere a los equipos haciendo que las rutinas de limpieza tomen más tiempo de proceso. Tiene un enfoque en eliminar los lugares de difícil acceso para las labores de limpieza y mantenimiento que reducen la capacidad de ejecución de las rutinas de inspección, limpieza y mantenimiento.

Este paso busca reducir las fuentes de contaminación para incrementar la disponibilidad del equipo por medio de la simplificación de los ejercicios de limpieza de estos, también se encuentra en función de reducir el trabajo manual que requieren los ejercicios del paso 1.

- Paso 3 Estándares de limpieza, lubricación y ajuste tornillería: La actividad principal de este paso es la generación de instructivos, manuales, piezas

visuales o cualquier tipo de ayuda que permita a los usuarios de las máquinas realizar las labores referenciadas de acuerdo con un estándar permitiendo generar eficiencia en las inspecciones visuales. Dichos estándares aseguran que el equipo se mantenga en su condición básica en función de limpieza, lubricación y ajuste correcto de tornillería.

- Paso 4 Inspección del equipo: Tiene especial énfasis en el uso de controles de tipo visual sobre el equipo. Refiere a un proceso de capacitación para el desarrollo de habilidades de los usuarios que permitan realizar verificaciones eficientes en función de los estándares establecidos.
- Paso 5 Inspección general del proceso: Su objetivo principal consiste en aumentar la confiabilidad que tienen las inspecciones realizadas por los operarios siendo así más eficiente evitando que haga reprocesos en términos de inspección o duplicidad de verificaciones.
- Paso 6 Mantenimiento autónomo sistémico: Ya hace referencia a procesos de mejora continua en donde las verificaciones realizadas en los pasos anteriores cuentan con calidad suficiente para ser objeto de mejora, automatización e incorporando elementos que mejoren la eficiencia de estos.
- Paso 7 Autogestión: En este paso se integran herramientas estadísticas de gestión de mantenimiento que permita realizar análisis de información en términos de disponibilidad de los equipos con la ejecución integrada de los estándares definidos y con el personal debidamente capacitados para tal fin. Permite tomar decisiones de orden estratégico y táctico para situaciones evidenciadas en la gestión del mantenimiento autónomo el comportamiento del proceso productivo.

- Mantenimiento planificado:

Se encuentra en función de todas las tareas encaminadas a ejecutar acciones de preventivas, predictivas para anticiparse a los escenarios de fallas en los activos y paros de producción.

- Mantenimiento de la calidad:

Hace especial énfasis en mantener las condiciones básicas de los activos, asegurando la disponibilidad de estos y reducir las paradas no programadas en la cadena de producción. Asimismo, es responsable de mantener la calidad de los productos derivados del proceso productivo.

- Mantenimiento temprano:

Actividades enfocadas en la definición de los planes estratégicos de las tareas de acondicionamiento de los equipos en función del aseguramiento de la calidad de los activos buscando el máximo posible indicador de disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo.

- Mantenimiento de las áreas administrativas:

Las áreas de apoyo son un factor importante en los procesos productivos, por consiguiente, la mejora continua de los procesos administrativos es un factor que impactan directamente en operación. Asegurar la eficacia de los procesos de apoyo, de abastecimiento, de logística, entre otros, beneficia la operación.

- Entrenamiento, capacitación:

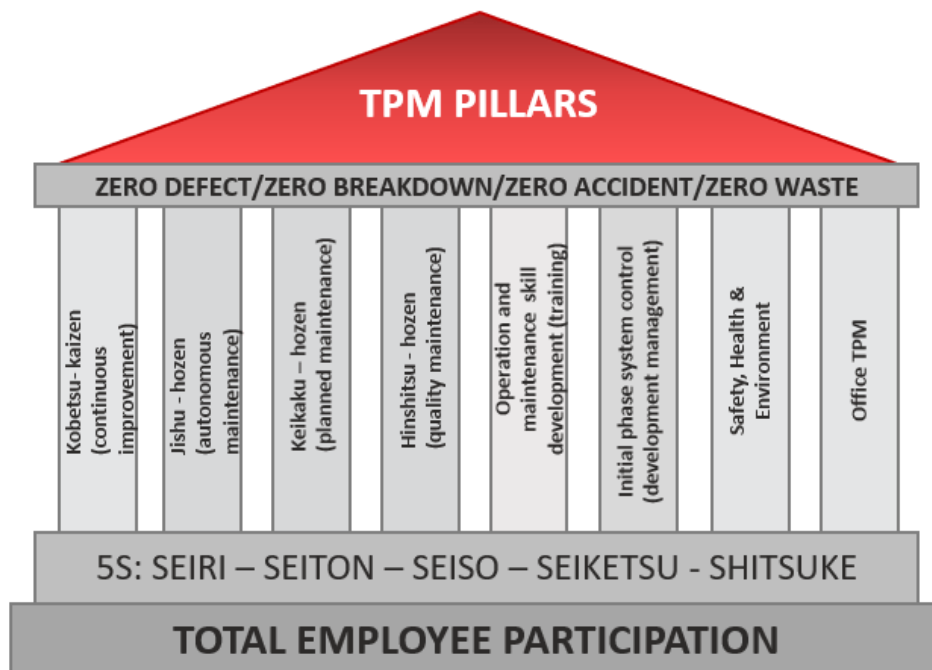
Es clave el desarrollo de la cultura organizacional en la implementación de metodologías de mantenimiento, en especial el TPM, por consiguiente, el diseño, establecimiento, publicación y capacitación de políticas, manuales y procesos es un factor clave para asegurar la sostenibilidad de la filosofía. No solo es importante realizar la gestión de capacitación con el personal que tiene relación directa con la producción y los equipos, es indispensable que el personal que está relacionado de manera indirecta tenga estos

entrenamientos, para asegurar el conocimiento de los programas y sean actores de promoción de la cultura de la mejora continua.

- Seguridad, higiene y medio ambiente:

La gestión del TPM trae consigo una cultura de gestión del riesgo. Uno de los factores clave de la metodología es tener cero accidentes, por consiguiente, a través de herramientas como las 5S se busca tener condiciones de trabajo seguras minimizando las fuentes de riesgo físico, se debe gestionar las condiciones de manera tal que sean sostenibles en el tiempo y que todas estas medidas entren en relación con el cuidado del medio ambiente.

Figura 2 Pilares TPM



Tomado de (TPM o Toyota Product Maintenance: qué es e implementación, s. f.)

5.2.5. Factores de soporte y retos en la implementación de TPM

Los cambios culturales en las organizaciones tienden a presentar factores de soporte y algunos retos, así mismo se encuentra con promotores y detractores de estos, la resistencia al cambio se hace presente o simplemente los retos que trae consigo el cambio hace que se

dificulte tanto la implementación como el sostenimiento de los modelos en función de la filosofía de mejora continua.

Los factores que son preponderantes a la hora de la implementación de TPM son varios, uno de los más determinantes es sin duda el acompañamiento, convicción y compromiso de la alta dirección. El liderazgo aportado para los cambios culturales que trae consigo el TPM tienen mayor acogida entre los miembros de la organización si se demuestra el compromiso de la alta dirección para con la mejora continua.

Desarrollar un plan estratégico que esté en constante dinamismo en la medida que avancen las fases de implementación es determinante en la elección del modelo que más se ajuste a las necesidades de la compañía. Asimismo, un eslabón clave pasa por la gestión del personal humano, ya que es la base que sostiene todo el modelo de TPM, de hecho, cualquier metodología de mantenimiento, por lo tanto, el involucramiento de todos los involucrados de manera directa e indirecta a participar en el programa tiene alta relevancia.

Se debe validar las estrategias de los procesos productos para que las modificaciones sean del mayor provecho posible, alinear los sistemas de información y documentación también es un facilitador clave en la implementación. (Marin-Garcia & Mateo Martínez, 2013).

Por otro lado, varios de los factores previamente mencionados pueden llegar a convertirse en barreras si no se encuentran en línea con la metodología a desarrollar o la estrategia que se tiene en función del mantenimiento, si no se cuenta con el apoyo de la alta gerencia para el cambio de cultura organizacional por los retos que esto conlleva puede ser una de las más importantes barreras de la metodología.

Esto se evidencia cuando la estrategia corporativa no se alinea con la metodología que es sujeto de estudio y posterior puesta en marcha en la organización. Para estas propuestas es importante dejar en conocimiento a la dirección sobre los objetivos y planes de acción para que sean debidamente soportadas en los momentos de mayor impacto sobre los niveles de

producción, cambio de cultura del personal, ajustes de tecnologías y tableros de control, entre otros.

La resistencia al cambio suele estar presente no solo en el personal que directamente se ve involucrado en los planes de acción, sino también en el personal que de manera indirecta participa en el proceso ya que puede no ver el impacto positivo que estas metodologías pueden dejar en el proceso. Los tiempos de implementación pueden ser variables de acuerdo con la disponibilidad de recursos y personal en función de la estrategia, por lo tanto, el personal puede ser también una barrera si no se ejecutan los planes de entrenamiento y capacitación sobre el tema, Ahuja & Khamba (2008, según cita de Marin-Garcia & Mateo Martínez, 2013).

5.2.6. ACR (Análisis de Causa Raíz)

Las metodologías de mantenimiento se apoyan en diferentes herramientas de gestión, para el caso de TPM una de ellas es el Análisis de Causa Raíz (ACR) en donde se busca obtener la causa principal, así como el conjunto de principales causas menores que puedan tener influencia en los eventos fallo de un equipo en un sistema productivo.

De acuerdo con Garrido, S., el análisis de causa raíz tiene cuatro componentes o factores de análisis principales que pueden estar relacionados entre sí o que pueden presentarse de manera independiente y que tienen a ser vitales para solucionar el problema de una manera eficiente (2003), los factores son siguientes:

- Fallos en el material:

Hace referencia específica a un componente que falla bajo condiciones de trabajo normales y estándares del activo, el cual puede tener varios originadores tales como desgaste derivado del uso, otro factor puede ser por fatiga cuando los esfuerzos que requiere el funcionamiento de una pieza o material son de carácter variable o en definitiva por la avería del material.

- Error del personal operativo:

Puede originarse de varias formas, una de las que se presenta más frecuentemente es la falta de conocimiento sobre el proceso operativo, por lo cual los entrenamientos toman alta relevancia, pero otros factores intervienen en este tipo de errores, por ejemplo condicionamiento físico entendiéndose como el estado de salud del operario o temas relacionados con la salud mental de estos. Otros factores de orden operativo refieren a fallos en el proceso como parte de un error humano en la ejecución de las tareas. Debe evaluarse también si el proceso cuenta con los manuales e instructivos debidamente documentados, que estén disponibles para el personal y que estén en términos de tal forma que puedan ser interpretados correctamente.

- Errores del personal de mantenimiento:

En este factor es relevante validar si las tareas de mantenimiento están siendo ejecutadas de manera efectiva y oportuna, validando si durante la ejecución se realizan las tareas que son clave, ya sea por mantenimientos preventivos, predictivos, correctivos, independientemente de la naturaleza pueden presentarse errores en el proceso.

- Condiciones del activo:

Pueden presentarse fallos por cambios en las condiciones normales de trabajo del activo y por este punto se referencia variaciones en las condiciones físicas en las cuales trabaja el activo, por ejemplo aspectos como la humedad del entorno, temperatura o hasta condiciones de limpieza.

También que el activo no esté trabajando bajo las especificaciones técnicas sobre las cuales fue diseñado y varíen de alguna manera en medio del proceso.

5.2.7. ADF (Análisis de Fallos)

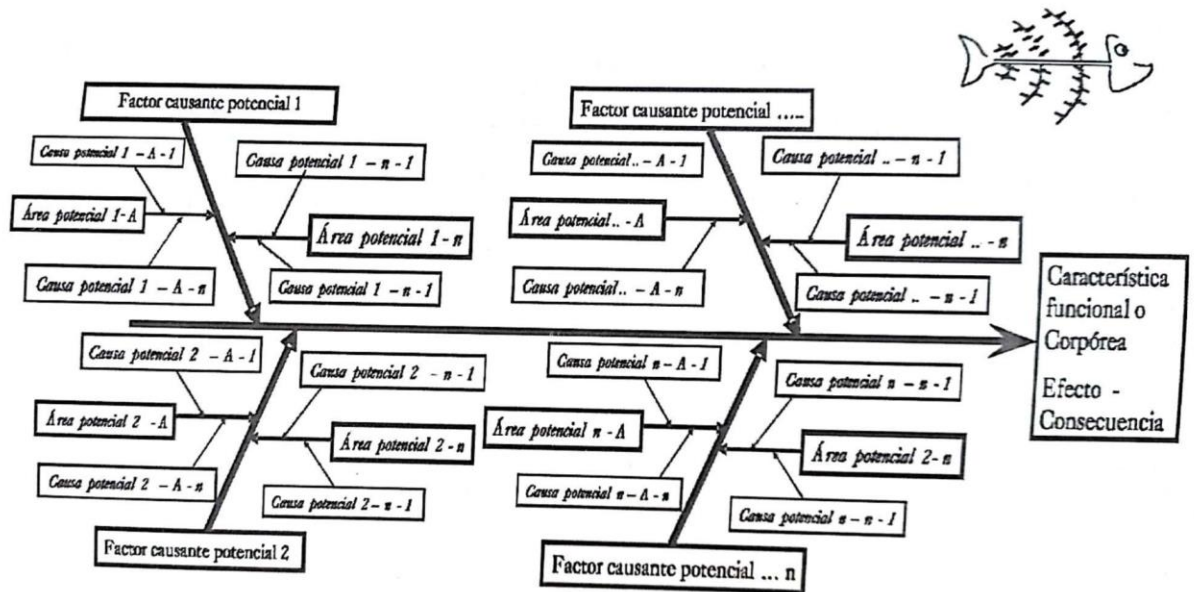
El análisis de fallos pretende encontrar las causas que originan los fallos, tiene un enfoque especial en la pieza o activo que sufre la afectación con énfasis en generar estrategias que disminuyan el número de fallos en el futuro, o que simplemente no se vuelvan a generar.

Sigue unos pasos metodológicos para determinar la causa, lo primero es que documenta el hecho de la manera más específica posible, validando los aspectos y condiciones antes del fallo, durante el evento y posterior condición al evento de fallo, valida también las condiciones físicas o externas del activo para abarcar posibles cambios en este aspecto que pudiera afectar el equipo, revisa y caracteriza los últimos procesos de mantenimiento de cualquier tipo que se hubieran realizado en el activo, revisa las condiciones de uso del equipo y los operarios o personas que han manipulado del alguna forma este. Por último, revisa fallos adicionales que en el pasa su hubieran presentado y confronta los tiempos entre las fallas presentadas.

Una vez validada la información previamente documentada se espera determinar las causas del fallo y la posible solución para la situación específica. Posteriormente, puede realizarse todo un proceso de ACR para aumentar la disponibilidad del activo. (Garrido, S., 2003).

Otras herramientas de orden visual también son utilizadas para el análisis de fallos, una de ellas es el llamado diagrama causa-efecto el cual es aplicable a cualquier tipo de análisis en toda la cadena de mantenimiento, inclusive frente a cualquier situación en una compañía o en la vida misma. El principio del diagrama es ubicar en el esquema todas las posibles fallas del sistema analizado y luego buscar planes de acción que minimicen o eliminen de raíz dichas situaciones. Es una técnica muy enriquecedora en trabajos de equipo ya que las ideas de todos aportan en su construcción (Mora, 2007).

Figura 3 Diagrama causa-efecto



Tomado de (Mora, 2007)

5.2.8. MTBF (Mid Time Between Failure, Tiempo Medio entre Fallos)

Busca identificar la frecuencia en la cual un equipo o sistema productivo presenta algún tipo de falla o varía

$$MTBF = \frac{N.º \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N.º \text{ de averías}}$$

Tomado de (Garrido, S., 2003)

5.2.9. MTTR (Mid Time To Repair, Tiempo Medio De Reparación)

Busca identificar el tiempo promedio entre reparaciones.

$$MTTR = \frac{N.º \text{ de horas de paro por averías}}{N.º \text{ de averías}}$$

Tomado de (Garrido, S., 2003)

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

Tomado de (Garrido, S., 2003)

5.2.10. OEE (Overall Equipment Effectiveness, Eficiencia General del Equipo)

En términos generales la OEE tiene como objetivo medir y generar calificaciones sobre la eficiencia y el rendimiento de los equipos en medio de su función productiva con un marco de tiempo definido. La OEE puede tener varios aspectos de medición, puede determinar la eficiencia del proceso en general, la disponibilidad de los equipos y el rendimiento de los activos productivos. Por medio de esta herramienta también se pueden determinar diferentes tipos de pérdidas en el ciclo productivo como las fallas de los equipos, las paradas cortas ya sean programadas o no programadas, el rendimiento de los equipos, defectos en la calidad de los productos, entre otros. (Fam, S. et al., 2018).

El cálculo del indicador de acuerdo con Suzuki puede realizarse por medio de las siguientes fórmulas (1996):

$$OEE = Disponibilidad \times tasa \ de \ rendimiento \times tasa \ de \ calidad$$

Tomado de (Suzuki, 1996)

$$Disponibilidad = \frac{Capacidad \ Teórica \ (Grandes \ Pérdidas + Pérdidas \ Menores)}{Capacidad \ Teórica} \times 100$$

Tomado de (Suzuki, 1996)

$$Tasa \ de \ rendimiento = \frac{Tasa \ media \ actual \ de \ producción}{Tasa \ de \ producción \ estándar} \times 100$$

Tomado de (Suzuki, 1996)

$$Tasa \ de \ calidad = \frac{Volúmen \ de \ producción - (defectos + reprocesos)}{Volúmen \ de \ producción} \times 100$$

Tomado de (Suzuki, 1996)

De este modo la medición de la eficiencia global de la planta tiene como objetivo aumentar la eficiencia y el rendimiento disminuyendo en su mínima expresión los factores de producción que disminuyan su capacidad, se identifican las principales pérdidas que se presentan en un plan de producción a continuación:

- Paros programados

- Ajustes al modelo de producción
- Fallos o averías en los equipos
- Fallos en la ejecución de procesos
- Pérdidas de producción normales o estandarizadas
- Pérdidas de producción inusuales
- Defectos en la calidad
- Tiempos de reprocesos

Cada uno de estos tipos de pérdidas según Suzuki deben ser medidas para permitir su cuantificación con el fin de realizar planes que permitan su reducción y así se potencialice la eficiencia del equipo y la planta (1996).

5.2.11. Árbol de pérdidas

Si bien el TPM tiene diferentes herramientas calculadas y de orden numérico, también se apoya en otro tipo de estrategias que son de orden cualitativo y también con ayuda visual, para tales efectos se encuentra el árbol de pérdidas o árbol de fallo el cual permite hacer análisis sobre el fallo principal estableciendo relaciones entre las posibles causas que lo puedan provocar.

El proceso metodológico del árbol de fallos está fundamentado en el análisis de la situación actual, validar cuales son los problemas que están sucediendo, determinar las posibles causas y efectos del fallo, realizar el diagrama y posteriormente establecer planes de acción. Con este último se busca relacionar las causas con el problema y originar una solución que sea sostenible en el tiempo.

Los factores claves para decidir utilizar un árbol de pérdidas son buscar tener un mejor entendimiento del problema o fallo específico, es vinculante con otras metodologías de análisis de fallos ya sean de orden visual o de orden numérico y se obtiene información relevante para la solución de la situación. (ÁRBOL DE PROBLEMAS – Portal Uniciso, s. f.)

5.2.12. Centro Estadístico de Proceso

Hace referencia al conjunto de herramientas que permiten tener control de orden estadístico en la ejecución de un proceso productivo y de esta manera conocer si el resultado de un ejercicio específico se encuentra acorde con el objetivo esperado en función de los detalles técnicos del proceso; en los escenarios que no se tiene esta información, permite establecer las metas de acuerdo con los recursos disponibles y las necesidades.

En los centros estadísticos se encuentra que el insumo más importante son los datos recopilados en un proceso productivo, sin embargo, las gráficas, tableros de control y gráficos son el resultado esperado del ejercicio, lograr presentar los datos de tal modo que sean fuente fundamental para la toma de decisiones en las compañías.

El centro estadístico tiene otras aplicaciones adicionales, permite evaluar la modificación de un proceso productivo independiente de la variación proporcionada, por ejemplo, cambios en las velocidades de los equipos, métodos de trabajo del equipo operativo, modificación en las materias primas, variación de las condiciones básicas de los equipos y herramientas, cambios de la maquinaria, entre otros.

Otra aplicación corresponde al análisis de datos obtenidos de los procesos sujetos de recopilación de información que permita evidenciar reducción en la calidad de los productos debido a posibles aumentos en los volúmenes de producción u otros tipos de picos o cambios en la producción.

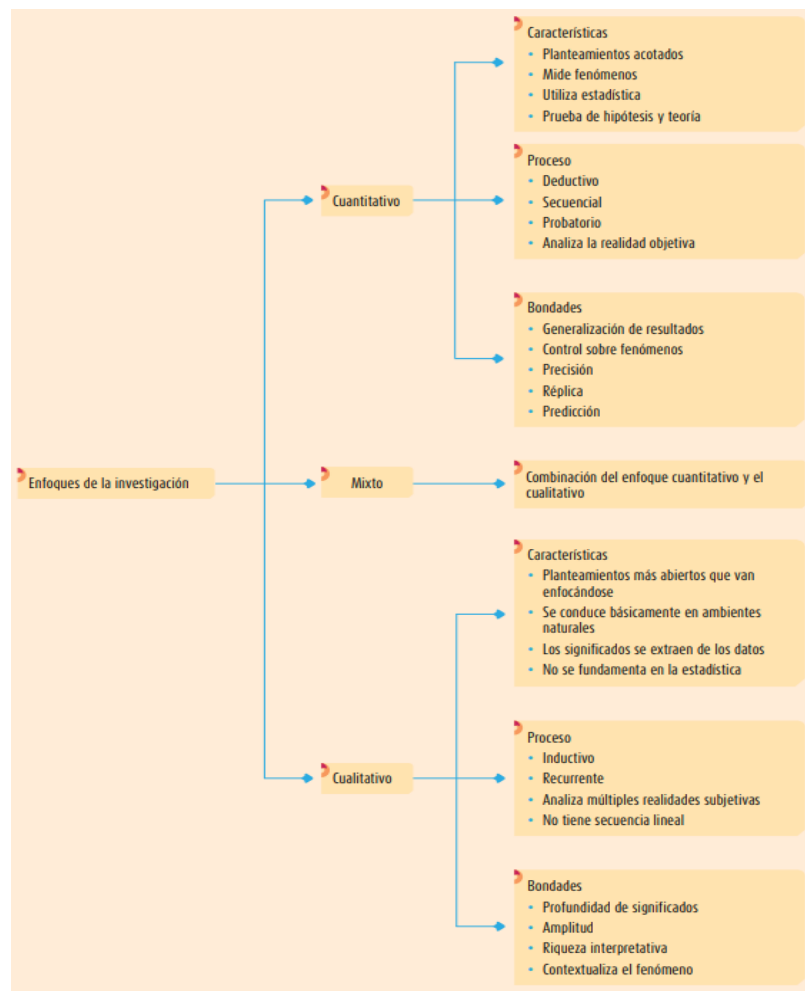
Un objetivo del centro estadístico de procesos es poder anticipar variaciones en procesos productivos y así normalizar las operaciones, en los eventos que eso no es posible, también es relevante poder determinar el impacto de las posibles variaciones y buscar aplanamiento y normalización de los estados variables del flujo de producción (Carro & González, 2012).

6. Marco metodológico de la investigación

6.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativo y cualitativo, toda vez que se consultan datos puntuales asociados al desempeño de la línea de producción, un proceso secuencial que permitirá acotar los focos de las acciones, la condición de equipos y zonas de trabajo, niveles de capacitación del personal y estado de salud de la metodología desarrollada en Paso 1, un proceso de amplia interpretación para entender el contexto de la Línea que se va a analizar.

Figura 4 *Enfoques de la Investigación*



Tomado de (Sampieri et al., 2014)

6.2. Fuentes de información

La recopilación de la información se realiza a través de las siguientes fuentes:

6.2.1. Fuentes primarias

Para determinar el estado de avance del paso 1 mantenimiento autónomo y el estado de indicadores de Línea 20, se consultan las bases de datos propias de la compañía, Data Studio, SAP, Quality Window, Shoplogix, se realizan recorridos en piso detallando las condiciones del área, así mismo se realizan entrevistas al personal de operadores para identificar su progreso con la metodología TPM, nivel de habilidad y necesidades dentro de su línea.

También se recoge información a través de diferentes formatos como:

- Auditoría de Center Line
- Auditoría de 5S
- Auditoría de LILA

6.2.2. Fuentes secundarias

Se consultaron fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, manuales de operación, documentos y procedimientos internos.

6.3 Diseño metodológico

Para el desarrollo de la presente propuesta se tienen contempladas las siguientes actividades permitiendo desarrollar los objetivos propuestos:

- Realizar visita al piso de producción identificando el estado actual de la Línea 20 de rollos siendo esta fundamental en la recolección de información
- Entrevistas con el personal operativo de la Línea 20 sobre el estado de los activos, dificultades en la línea y diversas preguntas acerca de su experiencia en la empresa
- Una vez recopilada la información proveniente de los índices visuales e información recolectada de los operarios de planta, se procede con la revisión de métricas

relacionadas con la ejecución de procesos en el marco de la implementación del paso 1 del mantenimiento autónomo

- Análisis de los estándares de producción con la información general de la Línea 20 de rollos y del marco general de producción
- Estado general del área y los equipos de producción
- Análisis de datos que enmarquen un diagnóstico de la situación actual, determinando los cuellos de botella, principales fallas, identificación de las fuentes de contaminación más relevantes en el proceso productivo, áreas de difícil acceso y las metodologías actuales de mantenimiento
- Priorización
- Presentación de propuesta en función de los principales indicadores de la compañía y los parámetros clave en lo concerniente al paso 2 del mantenimiento autónomo

7. Resultados y/o propuesta de solución

7.1. Identificación de sistemas críticos

7.1.1 Caracterización de Línea 20 de rollos

La empresa Protisa S.A., inauguró su planta de higiénicos y servilletas en el municipio de Gachancipá - Cundinamarca en el año 2010, la cual incluye 3 líneas de producción de rollos de papel higiénico, una de estas es la Línea 20.

En la actualidad la Línea 20 de rollos se compone de las siguientes unidades:

- Desenrolladores
- Laminadora
- Gofrado
- Tubera
- Bobinadora
- Cortadora Orbital

- Derivador
- Empaquetadora Multiempaques
- Empaquetadoras X1
- Ensacadoras

Su capacidad nominal de bobinado es de 450 m/min y el balanceo de la línea se construye alrededor de esta velocidad en la mayoría de productos, esto se puede ver afectado por la clase de papel que se va a trabajar.

Los principales productos que se trabajan en esta línea son:

- Doble Hoja Max X1/30
- Doble Hoja Max X4/8
- Doble Hoja Max X6/8

Trabaja también con algunas referencias que se solicitan cada 3 meses aproximadamente y con una demanda mucho menor en toneladas.

La Línea 20 requiere de una tripulación de 10 personas en cada turno para operar, en total tiene 4 tripulaciones para un total de 40 operadores. Trabaja todos los días del año para satisfacer un plan de conversión que supera las 13.000 toneladas al año.

Figura 5 Línea 20 de rollos



7.1.1.1 Descripción del proceso de conversión

El proceso de conversión inicia con la llegada de rollos de papel de aproximadamente 2 toneladas, siendo el ancho más común con un ancho de 2,7 m llamados jumbos (ver Figura 6), estos se alistan realizando un desmonte inicial de un par de capas de papel, aproximadamente 10 kg, y luego se ajustan los insertos con ayuda de gatos hidráulicos, de esta manera pueden ser montados en los desenrolladores con ayuda de un puente grúa, el tiempo que toma cambiar un jumbo en los desenrolladores es de aproximadamente 4 minutos incluyendo el desmonte de la colilla de fin de jumbo en los descansos del desenrollador (ver figura 7).

Figura 6 *Jumbo de papel*



Figura 7 *Colilla de jumbo*



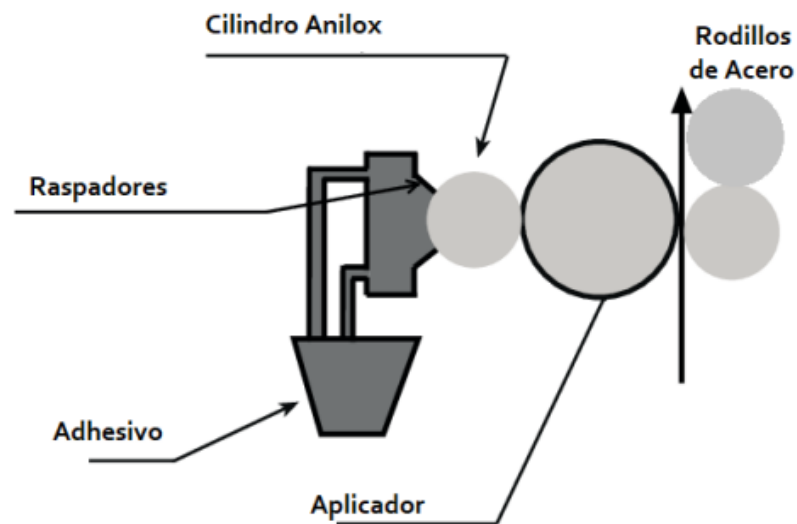
Una vez se montan los jumbos en las bandas del desenrollador y se aseguran los punzones por medio del mecanismo hidráulico, se debe realizar el empalme de las hojas y por medio del mecanismo de jog (activación de rodillos a una velocidad muy inferior a la nominal) se realiza el paso del papel, en caso de una rotura de la hoja y que no se alcance a realizar el empalme, es necesario hacer uso de la banda pasa papel de la unidad que se requiera (ver figura 8).

Figura 8 *Sistema de banda pasa papel*



Cuando el equipo se encuentra correctamente enhebrado se da arranque a la máquina y el papel continúa pasando por la unidad de laminado cuya función es unir las dos hojas de papel a través de la aplicación de un adhesivo y cuyo principio de funcionamiento se puede observar en la Figura 9.

Figura 9 Diagrama de unidad de laminado



Fuente: Material interno de capacitación Softys, 2022

La unidad se compone de los siguientes elementos:

- Contenedor de adhesivo de base acuosa. Dicho adhesivo debe tener unas características especiales de viscosidad, contenido de sólidos, pH y control de temperatura.
- Rodillo anilox. Es un rodillo con un acabado cerámico especial que le permite capturar y transferir adhesivo al rodillo cliché, su dosificación también se controla a través de unos raspadores.
- Rodillo cliché/aplicador. Rodillo de goma cuya función es transferir el adhesivo del rodillo anilox hacia la hoja de papel que pasa por el rodillo gofrador.

Los rodillos mencionados en el sistema de laminado se deben regular de forma muy precisa para garantizar un laminado con la calidad esperada y evitando acortar la vida útil de los mismos.

Mientras el papel pasa por el rodillo gofrador de acero, por una cara se aplica el dibujo del gofrado y por la otra se aplica el adhesivo a través del rodillo cliché, luego a través de otro juego de rodillos se unen las dos hojas y se da el proceso de laminación como tal, conforme pasa por este proceso también se da lugar al prepicado el cual se realiza a través de dos rodillos, uno que gira con 4 cuchillas y una contra cuchilla fija, el diseño del espaciado de las cuchillas dará lugar a la distancia entre cada punto de prepicado y su longitud.

Con el papel laminado se llega a la bobinadora, el sistema encargado de formar el log, un rollo de papel con el mismo ancho del jumbo enrollado en un tubete de cartón (ver figura 10) y con el metraje específico del producto que se vaya a trabajar, este último se forma en la tubera, el cual es un equipo que desenrolla 2 rodels de papel liner de determinado calibre que puede oscilar entre los 230 g/m² y los 160 g/m² para la línea en cuestión, el liner de una de estas rodels pasa por un contenedor de adhesivo de tal manera que al llegar al mandril de formación se puedan pegar al superponerse, una vez se forma el tubo y alcanza la medida programada, se corta de forma automática y cae sobre una banda transportadora, pasa a alimentar la tolva de tubetes y luego es dosificado para alimentar la unidad bobinadora.

Figura 10 Logs formados llegan al acumulador



Antes de pasar a la formación del log, el tubete pasa por una transferencia (ver figura 11) donde se le aplica una línea de adhesivo y este permite adherir el papel al tubete, una vez pasa por la transferencia inicia el bobinado del log donde es sujeto por un sistema llamado rodillo prensa que ayuda a mantener una presión constante durante la formación del log, una vez alcanza el metraje deseado se realiza el corte, el rodillo prensa libera el log y rueda por gravedad al cierre de log, un mecanismo de soplos orienta la cola de la hoja y le aplica una línea de adhesivo, luego pasa por un rodillo el cual presiona la cola de la hoja y cierra el log, por último este es empujado a un acumulador el cual funciona como una reserva para compensar cualquier parada menor que puedan tener otros sistemas de la línea y no sea necesario detener el proceso de laminado.

Figura 11 *Tubeles antes del paso en la transferencia*



Una vez los log pasan por el acumulador son dosificados en 4 pistas por la acción de un empujador y hacia la cortadora orbital. Este equipo está compuesto por una unidad de lubricación, motor de transmisión de la cuchilla, motores de unidad de afilado, servomotor de cuchilla y cuchilla orbital.

Figura 12 *Bandas de 4 pistas*



Conforme los log son empujados, la cortadora realiza un corte limpio que forma rollos pequeños y es la presentación del rollo de higiénico que se conoce en el mercado, una vez obtiene esta presentación pasa a las bandas transportadoras hasta el derivador.

El derivador tiene como función direccionar los rollos de papel hacia la empaquetadora correcta de acuerdo con determinada programación, de esta manera se alimentan las empaquetadoras X1 y multiempaque.

Todas las empaquetadoras tienen el mismo principio de funcionamiento, se alimentan de una bobina de laminado de polietileno a través de un sistema de rodillos que le dan la tensión adecuada, pasa por un sistema de plegadores, corte y transmisión de movimiento, una vez el rollo está envuelto en el polietileno pasa por unas bandas de sellado y luego pasa a la banda transportadora.

Figura 13 *Enhebrado de polietileno*



El último proceso corresponde a la ensacadora, su función es envolver en polietileno el número de rollos establecido de acuerdo con cada referencia. Está compuesto por un sistema de envío que a su vez tiene un freno y un juego de palas que actúan como empujadores, un

elevador y otro juego de empujadores que llevan los grupos de rollos hacia un túnel donde estos son cubiertos por el polietileno, las cuchillas de corte y las bandas de sellado, la alimentación del polietileno funciona diferente a las empaquetadoras ya que la bobina es de un peso superior a los 50 kg y no se ubica en un eje fijo, solo se va desenrollando por acción de los rodillos de tensión.

Figura 14 *Polietileno usado en la ensacadora*



Figura 15 *Presentación de empaque final para estibado*



Para finalizar, las pacas se ubican en una estiba de madera de acuerdo con la especificación de producto y se vinipelan para guardar la integridad del paletizado.

7.1.2. Resultados de Línea 20 KPI

Para determinar el avance de las métricas de Línea 20 se consultaron las bases de datos de desempeño, por temas de confidencialidad de la información no es posible entregar puntualmente todos los datos de la línea, sin embargo se presentan datos que permiten establecer tendencias y en general una idea del avance de la línea sujeto de estudio. A continuación, se relacionan los datos acumulados desde enero hasta septiembre de 2022.

Tabla 1 *Cumplimiento trimestral de la meta de OEE en el año 2022*

Trimestre	% Cumplimiento
1	84,6
2	75,5
3	75,8

Tabla 2 *Número de paros por fallas en el año 2022*

Trimestre	Fallas
1	351
2	457
3	419

Tabla 3 *Tiempo perdido paros por fallas en el año 2022*

Trimestre	Minutos
1	5.510
2	8.659
3	7.706

Se puede observar que en el desarrollo de Paso 1 aún se obtienen cifras poco consistentes y sin una tendencia a la mejora de indicadores.

Para identificar el equipo al cual se le debe dar prioridad en la mejora de estándares, nos remitimos a validar el Pareto de pérdidas por equipo, de esta manera se encuentra que la zona de Bobinadora es la que tiene la mayor cantidad de tiempo perdido por fallas no programadas.

Tabla 4 *Tiempo perdido paros por fallas en el año 2022 para la unidad Bobinadora*

Trimestre	Eléctrica	Mecánica
1	974	882
2	1.348	410
3	1.777	589

También se identifica como Pareto de pérdida el tiempo destinado a tareas de limpieza, las cuales, si bien son programadas en su mayoría, tienen una gran oportunidad de mejorar en su ejecución aplicando la metodología ECRS.

Tabla 5 *Tiempo perdido limpieza programada en unidad Bobinadora en el año 2022*

Trimestre	Minutos
1	7.881
2	7.527
3	4.205

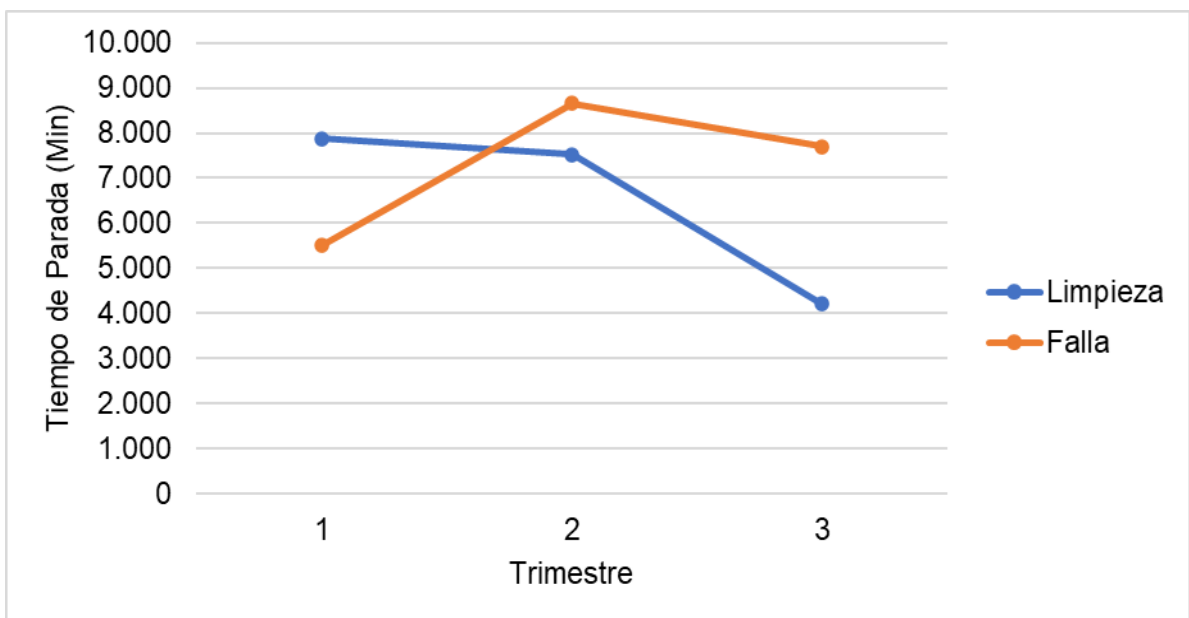
Para el tercer trimestre de 2022 se adoptó una nueva estrategia donde se cambió de una programación de 1 parada autónoma de 30 minutos (limpieza programada) en cada turno de operación, total de 3 por día, a 1 parada autónoma al día en turno 1 de 60 minutos.

En la figura 16 se puede observar el comportamiento del tiempo de limpieza versus el tiempo de falla por trimestre, por medio de entrevistas con el equipo autónomo y técnicos de mantenimiento se concluye que a través del tiempo se adquiere experiencia en la ejecución de estándares de limpieza y se logran reducir tiempos de ejecución, al mismo tiempo se reduce

ligeramente el número de fallas, por lo tanto, es de alta importancia lograr mejoras en la secuencia de actividades de dichos estándares.

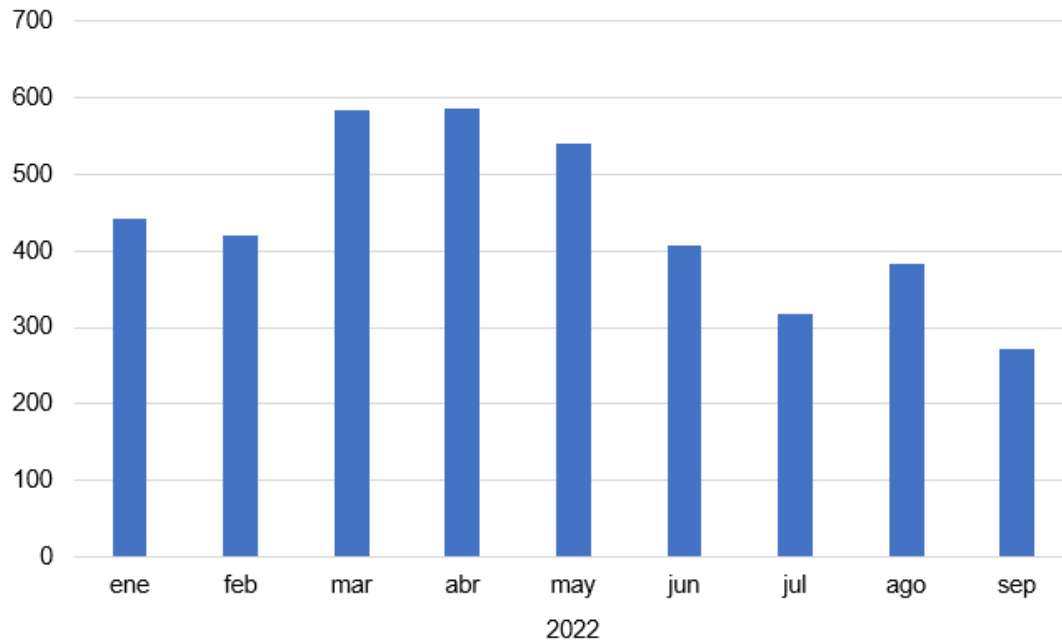
Durante el seguimiento a la línea se encuentra que los equipos autónomos a través del tiempo han demostrado la disciplina necesaria para ejecutar los estándares de limpieza en todos los equipos de la línea, esto aún con la resistencia al cambio que puede causar un nuevo método de trabajo, así como lo explica, por lo tanto

Figura 16 *Tiempo de falla vs tiempo de limpieza acumulado 2022*



Por otro lado se consultó la base de datos de ejecución de estándares provisionales de limpieza que aseguran el sostenimiento del Cleaning Day y ayudan a mantener el orden y limpieza de la línea.

Figura 17 Estándares de limpieza ejecutados en el 2022



7.1.3. Pareto de pérdidas

Se realiza un análisis del árbol de pérdidas alimentado por el software Shoplogix.

Tabla 6 Pareto de tiempo perdido acumulado 2022

DETALLE DE PARADA	TP (MIN)	% TP	% ACUM
Regulación/ ajuste	22.700	15,2%	15,2%
Parada Autónoma (LILA)	20.401	13,6%	28,8%
Falla Eléctrica	13.012	8,7%	37,5%
Cambio de jumbo	11.120	7,4%	45,0%
Defectos de Papel Base / Porosidad	10.963	7,3%	52,3%
Cambio de producto o formato	8.309	5,6%	57,9%
Falla Mecánica	8.264	5,5%	63,4%

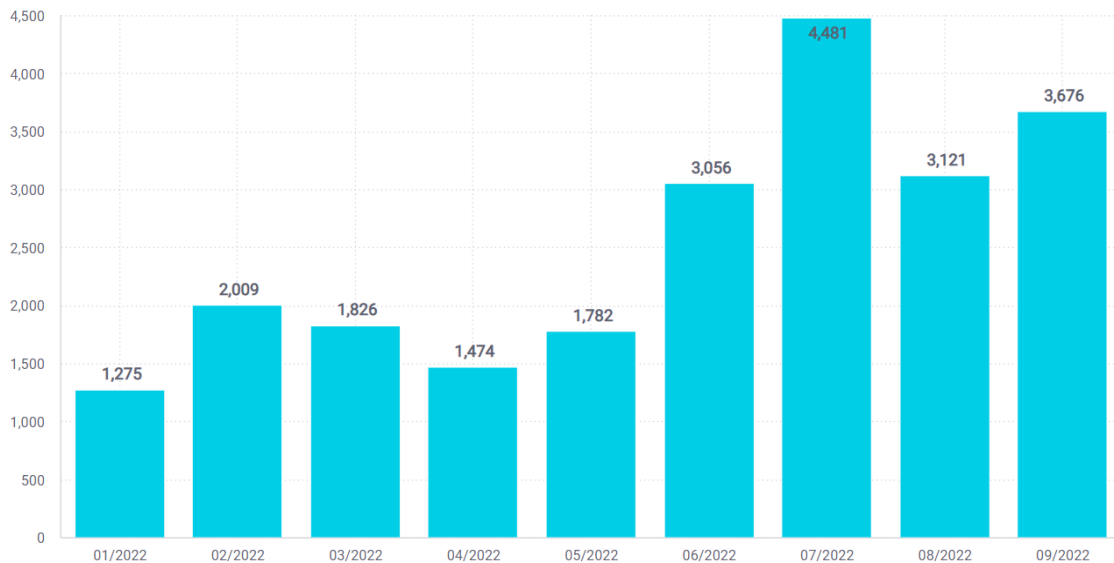
Como principal pérdida de disponibilidad se encuentra la causal regulación/ajuste con una participación del 15,2%, de acuerdo con las entrevistas con los operadores, uno de los motivos es que existen diferencias en la forma de trabajar entre las tripulaciones, es decir, cada uno ajusta la máquina de acuerdo con su experticia y no siguen las guías ya establecidas,

como los controles visuales o la información del center line para el producto que están trabajando en el turno.

De acuerdo a la Tabla 6 también se puede observar que las fallas eléctricas y mecánicas suman un 14,2% de las pérdidas por tiempo de parada, evidenciando que existen partes o sistemas de los diferentes equipos de la línea que aún no se encuentran en condición básica, debido a esto también se puede asociar que el alto tiempo de regulación/ajuste es en parte debido a la falta de condición básica del equipo ya que se ha priorizado la operación ejecutando arreglos temporales, antes que llevarlo a una condición idónea o en su defecto, los operadores no cuentan con el entrenamiento suficiente para detectar anomalías en su máquina.

A continuación, en la figura 18 se presenta el comportamiento mensual de la causal regulación/ajuste para entender mejor su comportamiento a través del año 2022.

Figura 18 *Indicador Regulación/Ajuste a través del 2022*



7.1.4. Educación y Entrenamiento

El pilar de educación y entrenamiento es clave en el desarrollo de la metodología, sobre todo teniendo en cuenta que su consigna es que la gente está en el centro de TPM, y es

precisamente el conocimiento y el desarrollo de habilidades lo que permite fortalecer a cada equipo autónomo para observar progreso en la implementación de la metodología.

En la Línea 20 de rollos se encuentran los siguientes roles operativos, cada uno con un conjunto de habilidades de proceso específicas a desarrollar.

- Operario Líder
- Operario Multiempaque
- Operario Tubera
- Operario Empaquetadora X1
- Operario Ensacadora
- Auxiliar de Estibado

A través del año 2022 se ha capacitado en las habilidades de proceso estipuladas para el desarrollo de paso 1, en las conversaciones con los equipos autónomos, los operadores dan testimonio de cómo el aprendizaje de habilidades correctamente documentadas ha sido de especial ayuda para ejecutar labores diarias con mayor efectividad y agilidad. Sin embargo una barrera identificada ha sido la falta de formación técnica de varios operadores ya que su nivel de escolaridad y experiencia es diversa, así como su profundización en conceptos de mecánica y electricidad, por ejemplo, temas como mecanismos de accionamiento, sensórica, metrología, resistencias, señales, entre otros, lo cual deja ver una oportunidad para nivelar el entendimiento de estos conceptos si se pretende que el operador comprenda los principios de funcionamiento de su máquina. No se identifica como una necesidad el que todos los operadores tengan formación técnica, pero sí que exista una capacitación en los temas o habilidades que mayor valor agregado pueden aportar para el conocimiento de su máquina y una operación segura de la misma.

Adicional a las habilidades de proceso, cada uno cuenta con una matriz de habilidades para ser capacitado en el desarrollo de paso 1 de los diferentes pilares, y específicamente en mantenimiento autónomo se cuenta con las siguientes capacitaciones:

- Paso 1 MA
- Paso 2 MA
- Lección de un punto LUP
- Estándares provisorios
- 1 “Seiri” Clasificar

Dichas capacitaciones tienen un cumplimiento de aproximadamente el 75% ya que durante el año 2022 se tiene una rotación de personal significativa por movimientos de ascensos, traslados y nuevas contrataciones.

7.2. Identificación de fuentes de contaminación

7.2.1. Estado de condición básica

En el planteamiento de paso 1 mantenimiento autónomo se lanzó la metodología para el tarjeteo de las condiciones de trabajo inseguras, lugares de difícil acceso, fuentes de contaminación, condición básica de equipo, mejoras y ayudas visuales. El objetivo era identificar todas las condiciones que debían ser mitigadas para trabajar bajo una condición básica de los equipos como tornillería completa, guayas, resortes, manivelas, rodamientos en buen estado y completos, ejes, rodillos alineados, con un desgaste normal y sin anomalías.

Durante el paso 1 se han elaborado un total de 1.253 tarjetas con la estratificación que muestra la tabla 7, esto ha permitido caracterizar el estado de las máquinas y priorizar los trabajos para acercarlas a condición básica.

Tabla 7 Estado de creación y cierre de tarjetas paso 1 MA

TIPO DE TARJETA	CREADAS	CERRADAS	% CIERRE
VERDE	203	200	98,5%
ROJA	764	711	93,1%
AZUL	286	280	97,9%
TOTAL	1253	1191	95,1%

Durante el desarrollo de paso 1 MA se realizó el tarjeteo de toda la línea y se ha obtenido un avance en cierre del 95,1%.

Figura 19 Tarjeta Verde

<input type="checkbox"/> A	Mant. <input type="checkbox"/>	Oper. <input type="checkbox"/>
Nº	5151	
Equipo	Fecha: ___/___/___	
Encontrado por _____		
LA DETECCIÓN O INCONVENIENCIA CORRESPONDE A:		
Seguridad para las personas (lesión o accidente)	<input type="checkbox"/>	
Salud para las personas	<input type="checkbox"/>	
Daño al patrimonio / activo	<input type="checkbox"/>	
Riesgo de incendio	<input type="checkbox"/>	
Incidente ambiental	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCIÓN DE LA ANORMALIDAD		
_____ _____ _____ _____ _____		
¿El reporte corresponde a un evento real que NO provocó lesión pero tuvo el potencial de hacerlo (cuasi accidente)?		
	<input type="checkbox"/>	SI
	<input type="checkbox"/>	NO

Figura 20 Tarjeta Roja

No. ~	11931	CRITICIDAD		
		<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C
FECHA:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
LINEA _____				
OPERADOR _____		TURNO _____		
UNIDAD / EQUIPO _____				
TIPO DE INCONVENIENCIA (Marque claramente una casilla)				
<input type="checkbox"/>	Condición Básica			
<input type="checkbox"/>	Fuente de suciedad / Contaminación			
<input type="checkbox"/>	Lugar de difícil acceso			
<input type="checkbox"/>	Falta de 5S			
<input type="checkbox"/>	Origen de defectos de calidad			
<input type="checkbox"/>	Fallas ínfimas			
DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALIA / COMENTARIOS				
_____ _____ _____ _____ _____				

Figura 21 Tarjeta Azul

CRITICIDAD
No. 8889 A B C

FECHA:

LINEA _____
OPERADOR _____ TURNO _____
UNIDAD / EQUIPO _____

TIPO DE INCONVENIENCIA
(Marque claramente una casilla)

Condición Básica
 Fuente de suciedad / Contaminación
 Lugar de difícil acceso
 Falta de 5S
 Origen de defectos de calidad
 Fallas infimas

DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALIA / COMENTARIOS

7.2.1.1. Condición básica laminación

Dentro de los recorridos de campo y entrevistando al operador a cargo, se encuentra que el sistema de laminado si bien trabaja de forma consistente, requiere de un esfuerzo considerable para mantener la condición básica, sobre todo en su limpieza, esto redundo en el estado de piezas mecánicas (ver figura 22) que de no ejecutar con rigor los estándares de limpieza provisorios es fácil que la unidad se deteriore y empiece a presentar fallas o se presenten defectos en el laminado. Actualmente se trabaja con un papel que genera mayor polución, lo que genera mayor contaminación en la unidad, adicional, teniendo en cuenta las condiciones actuales de negocio, este papel se va a seguir trabajando durante un tiempo considerable, por lo que es necesario realizar los ajustes o mejoras pertinentes para mantener la condición básica aún bajo estas circunstancias.

Figura 22 *Manivelas de rodillo cliché en estado de deterioro*



7.2.1.2. Condición básica empaquetadoras y ensacadoras

Los equipos de empaque no son tan susceptibles a la acumulación de suciedad como otras zonas de la línea, pero así mismo se les ha dedicado una menor cantidad de recursos para mantenerlas en condición básica, tanto económicos como de mano de obra, ya que la mayoría de esfuerzos para ejecución de estándares de limpieza se dedican a la condición de la bobinadora. Esto ha llevado a que partes mecánicas, tornillería, guías, se encuentren fuera de condición como se aprecia en las figuras a continuación. Adicional a las fallas repentinas que se pueden generar como se ve en la tabla 8, estos elementos fuera de condición generan la mayor afectación en la disponibilidad de la línea por regulaciones innecesarias.

Tabla 8 *Tiempos de parada empaque Línea 20*

Tipo de Falla	Equipos	TP
Falla Eléctrica	Empaquetadora X1	967
	Ensacadora	1272
Falla Mecánica	Empaquetadora X1	428
	Ensacadora	804
Regulación/ ajuste	Empaquetadora X1	3788
	Ensacadora	5751

Figura 23 *Acumulación de polución en empaquetadora*



Figura 24 Tornillería fuera de condición en empaquetadora



Figura 25 Parámetro fuera de especificación



7.2.1.3. Estado de 5S

En las visitas realizadas al área se encuentra que está correctamente demarcada, los muebles tienen un lugar designado así como las canecas de residuos, de la misma manera se realiza la clasificación de residuos y una correcta disposición. Como oportunidades se encuentra que la herramienta se encuentra incompleta y no tiene una ubicación adecuada, esto se debe solucionar a través de una tarjeta azul.

Dentro de la metodología se realizan inspecciones de 5S pero los registros no se guardan adecuadamente ni tampoco se digitalizan a tiempo, no es posible conocer el desempeño real de la línea en esta parte de la metodología.

Figura 26 Condición de mueble vestimentas



Figura 27 *Desfogue de piso rejilla sin limpieza*

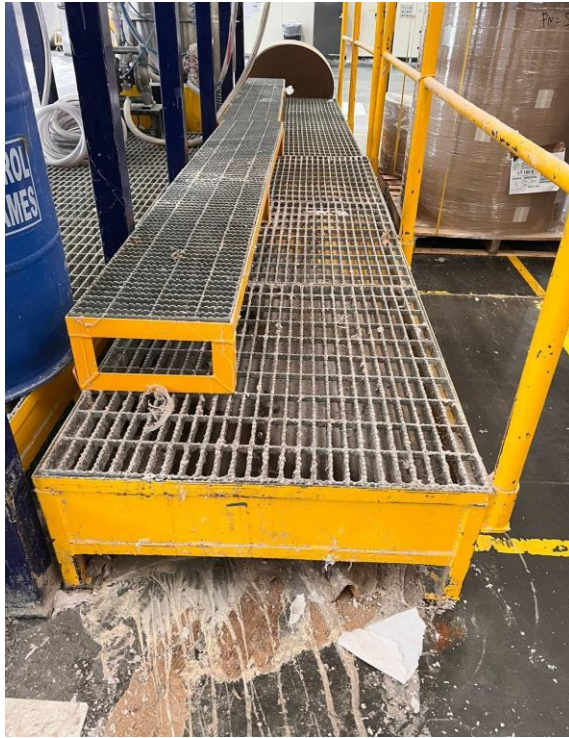


Figura 28 *Área de tanque de adhesivo con suciedad*



7.3. Elaboración y cumplimiento de ejecución de los estándares de limpieza

Se sugiere establecer la elaboración y mejora de una cantidad mínima de estándares provisionales de limpieza como se describe en la Tabla 10

Tabla 9 Número sugerido de estándares de limpieza creados por sistema

Sistema	Estándares
Desenrolladores	1
Laminadora	3
Gofrado	2
Tubera	3
Bobinadora	2
Cortadora Orbital	2
Derivador	1
Empaquetadora Multiempaque	3
Empaquetadoras X1	3
Ensacadoras	3

Con el fin de asegurar el sostenimiento de la condición básica, mantener la disciplina y facilitar las labores de inspección, se requiere definir una meta diaria para la ejecución de estándares de limpieza por equipo ya que actualmente se ejecutan los más críticos y se deja a criterio la ejecución de los menos críticos. El cumplimiento diario del total de estándares debe superar el 90% (ver tabla 11) para garantizar que los equipos no van a acumular exceso de suciedad y en el caso del empaque cada estándar debe ser ejecutado al menos una vez a la semana, este control se puede realizar bajo un formato similar al que se sugiere en la figura 37.

Tabla 10 Tabla de control ejecución de estándares de limpieza

25							
20							
15							
10							
5							
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

Figura 29 Ejemplo de diligenciamiento, tabla de ejecución de estándares de limpieza en

empaques

Derivador	Estándar 1	SI						
Multiempaques	Estándar 1	SI						
	Estándar 2	SI						
	Estándar 3						SI	
Empaquetadora X1 310	Estándar 1			SI				
	Estándar 2			SI				
	Estándar 3			SI				
Empaquetadora X1 320	Estándar 1				SI			
	Estándar 2				SI			
	Estándar 3				SI			
Empaquetadora X1 208	Estándar 1							SI
	Estándar 2							SI
	Estándar 3							SI
Ensacadora FBS 400	Estándar 1					SI		
	Estándar 2					SI		
	Estándar 3							SI
Ensacadora Quattro	Estándar 1			SI				
	Estándar 2				SI			
	Estándar 3						SI	
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

7.3.1. Cumplimiento de auditorías 5S

La ejecución sistemática de estos estándares conllevará a mejorar el resultado de la evaluación de 5S en el área.

Se propone ubicar un nuevo tablero que muestre el estado del programa de 5S mediante control visual y donde se aprecie claramente los cambios generados a través del programa, su meta y cumplimiento. Las inspecciones físicas también se deben mantener en este tablero y debe ser un punto a evaluar. El resultado mínimo para asegurar el sostenimiento

de este indicador debe ser del 95%. No se adjunta el formato actual por políticas de confidencialidad de la corporación.

7.4. Propuesta de implementación de actividades y KPI de avance

Para que los resultados sean medibles y sea visible su beneficio, es importante que todos los cambios realizados sean documentados con un antes y un después en un tablero de TPM exclusivo para Paso 2. De la misma manera se debe medir el progreso de cada uno de los focos de la propuesta y sus respectivas acciones.

7.4.1. Ejecución de CAPD

El ciclo de mejora CAPD es una de las herramientas de aplicación del pilar de Mejora Enfocada, sin embargo debido a que utiliza diferentes herramientas del pilar de Mantenimiento Autónomo para su desarrollo, se encuentra documentado dentro de este último.

Como resultado del análisis de la línea e identificando puntos críticos en términos de limpieza o afectación a la productividad o calidad del producto, se propone la ejecución de un ciclo de CAPD a las siguientes unidades:

- Tubera. Actualmente se desconocen varios de sus principios de funcionamiento. Los ajustes se realizan siempre de una forma distinta. Afecta el desperdicio y la eficiencia.
- Laminación. Unidad con excesiva contaminación que genera problemas de calidad y paros de línea, falla crónica. Afecta el desperdicio, la eficiencia y el nivel de calidad.
- Cortadora. Equipo con un consumo alto de vestimentas, sus motores también requieren constante mantenimiento y se presenta daño de piezas electrónicas. Afecta el costo de conversión por tonelada y el nivel de calidad.
- Ensacadora. Equipo con alto número de microparos por rollos caídos. Afecta la eficiencia.

Cada uno de los CAPD debe ser documentado con sus siete pasos y debe ser desarrollado por un equipo autónomo, operadores que evidencian un problema el cual está alineado al árbol de pérdidas, conocen cómo se presenta el fenómeno y aplican herramientas

de mejora continua como el 5W+1H, diagrama de Ishikawa, 5 por qué, con el fin de llegar a la causa raíz del problema.

Es importante que en el planteamiento del CAPD se establezca cómo se encuentran los indicadores que se están viendo afectados o que tienen el potencial de mejorar a través de la aplicación del ciclo de mejora, de tal manera que una vez finalice se pueda cuantificar el beneficio en dichos indicadores así como su sostenimiento a través del tiempo.

El avance de cada CAPD se puede medir de acuerdo con el paso en el que se encuentre, sumando 1 por cada paso que avance y dividiendo entre el total de pasos, y de esta manera obtener un porcentaje de avance para publicar en el tablero de TPM.

Tabla 11 *Ejemplo tabla de avance CAPD*

CAPDo	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5	PASO 6	PASO 7	AVANCE
TUBERA	X	X	X					43%
LAMINACIÓN	X	X	X					43%
CORTADORA	X	X	X	X				57%
ENSACADORA	X	X	X	X				57%
TOTAL								50%

7.4.2. Implementación de controles visuales

Con el fin de facilitar los ajustes en las diferentes máquinas se propone aplicar al menos 15 controles visuales entre posiciones de sensores, guías, cuchillas, especialmente en los equipos afectados por regulaciones y ajustes menores. Dentro del proceso se ven oportunidades sencillas para establecer dichos controles que ayudarían de forma significativa en las regulaciones después de un cambio de formato o a controlar los parámetros para mantenerlos dentro de centerline.

Figura 30 *Sensor sin marcas de posición*



Figura 31 *Soporte de guías sin marcas de posición*



Figura 32 *Guías sin marcas de posición*



Para llevar el seguimiento de los controles visuales implementados se debe publicar un gráfico de barras que muestra el avance a la fecha y el sistema donde se implementaron.

Figura 33 *Ejemplo: gráfica de seguimiento controles visuales*

10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
	BOBINADORA	LAMINADORA	EMPAQUETADORA	ENSACADORA

7.4.3. Implementación de lubricación a través de operadores

Se logran identificar puntos de fácil lubricación que pueden ser transferidos a operación bajo una LUP que indique, periodicidad, lubricante a emplear, ubicación y método, una meta

prudente debe ser establecer al menos 10 puntos de lubricación para operación, similares a los ejemplos de las figuras a continuación. Adicionalmente estas actividades van a permitir que el operador continúe conociendo su máquina y desarrollando sus habilidades.

Figura 34 *Rodamiento de banda desenrollador*



Figura 35 *Rodamiento de rodillo prensa*



Figura 36 Rodamiento de punzones desenrollador



7.4.4. Capacitación en habilidades de operación

Con el fin de avanzar en el incremento de habilidades de los operadores se propone generar al menos 4 habilidades nuevas en paso 2 y programar su cronograma de capacitación, de la misma manera se debe publicar el avance de capacitación en el tablero de TPM. Los niveles de capacitación se mencionan a continuación:

- 0 - Sin capacitación
- 1 - Capacitado, requiere supervisión
- 2 - Requiere supervisión ocasional
- 3 - No requiere supervisión y explica la tarea
- 4 - Es capaz de enseñar la habilidad

La meta es alcanzar un promedio de nivel 3 en cada habilidad propuesta y de esta manera se medirá el cumplimiento del avance, el cual debe ser publicado en el tablero de TPM.

Figura 37 Ejemplo de tabla de calificación de habilidades

EQUIPO	HABILIDAD	OPERADOR #1	OPERADOR #2	OPERADOR #3	OPERADOR #4
Ensacadora FBS 400	Habilidad 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 0
	Habilidad 2	NIVEL 1	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 0
	Habilidad 3	NIVEL 1	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 1
	Habilidad 4	NIVEL 1	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 1

7.4.5. Cierre de tarjetas rojas (mantenimiento)

El cierre de tarjetas rojas debe mantenerse a través del tiempo por encima del 90% para esperar mantener los equipos en condición básica.

7.4.6. Mejora de lugares de difícil acceso

En el desarrollo del paso 2 se propone la mejora de 5 lugares de difícil acceso (LDA), ya identificados a través de tarjeta roja, documentarlas y presentarlas en el tablero de TPM enfocando al menos 3 en los sistemas de la bobinadora, el objetivo es reducir el tiempo de ejecución de la LILA, facilitar el acceso al lugar y mejorar el resultado final de la limpieza.

Es importante documentar el tiempo de ejecución del estándar de limpieza, antes y después de la mejora.

8. Análisis financiero

La gestión de implementación del paso 2 del pilar de mantenimiento autónomo TPM en la línea 20 de rollos en la empresa Protisa S.A. lleva consigo un factor financiero en torno a los costos asociados a su ejecución.

Inicialmente se realiza un análisis en función de los costos asociados con la implementación enfocados en el factor prestacional relacionado con el talento humano necesario para su efectivo funcionamiento. Para ello, se presenta a continuación el costo estimado de este rublo, haciendo salvedad que la información está expresada en Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (SMMLV) bajo el valor en COP que eso representa para 2022, en donde un (1) SMMLV es equivalente a \$1.000.000 COP.

Tabla 12 Factor prestacional

FACTOR PRESTACIONAL	FACTORES	OPERARIO 3	COORDINADOR DE PROCESO	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO
Salario Mensual expresado en SMMLV*	SMMLV	1	4,5	2,5
Salario Mensual		\$ 1.000.000	\$ 4.500.000	\$ 2.500.000
Subsidio de transporte		\$ 117.172		
Prima (1 salario anual + transporte)		\$ 93.098	\$ 375.000	\$ 208.333
Cesantías (1 salario anual)		\$ 93.098	\$ 375.000	\$ 208.333
Intereses sobre cesantías (12% cesantías año anterior)	12%	\$ 11.172	\$ 40.884	\$ 22.713
Aporte Seguridad Social - Salud (8.5%)	8,50%	\$ 85.000	\$ 382.500	\$ 212.500
Aporte Seguridad Social - Pensión (12%)	12%	\$ 120.000	\$ 540.000	\$ 300.000
Aporte Seguridad Social - ARL (Riesgo III - 2.436%)	2,44%	\$ 69.600	\$ 109.620	\$ 60.900
Parafiscales - Caja de compensación (4%)	4%	\$ 40.000	\$ 180.000	\$ 100.000
Parafiscales - ICBF (3%)	3%	\$ 30.000	\$ 135.000	\$ 75.000
Parafiscales - Sena (2%)	2%	\$ 20.000	\$ 90.000	\$ 50.000
TOTAL		\$ 1.679.140	\$ 6.728.004	\$ 3.737.780

* Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes

Los valores presentados hacen referencia al costo asociado a cada cargo requerido, teniendo en cuenta los factores prestacionales para dar contexto del valor total asumido por la compañía con los temas asociados al talento humano requerido.

A continuación se presenta el valor prestacional del factor humano expresado en el costo por hora hombre, de esta manera se calcula el valor necesario para la implementación en cantidad de horas requeridas por cada uno de los roles establecidos y así individualizar su participación en las actividades.

Tabla 13 Costo Hora / Hombre

CARGO	FACTOR PRESTACIONAL	COSTO HORA / HOMBRE
Operario 3	\$ 1.679.140	\$ 6.996
Coordinador de Proceso	\$ 6.728.004	\$ 28.033
Técnico de Mantenimiento	\$ 3.737.780	\$ 15.574
TOTAL		

Atendiendo la propuesta de implementación previamente descrita, se delimita a continuación la cantidad de sesiones necesarias en cada actividad asociadas para tal fin. Con esto se expresa de manera individualizada el tiempo requerido por cada rol en función de la

implementación. Es de aclarar que se presenta la información en número de sesiones, el equivalente de una (1) sesión es de (1) hora hombre.

Tabla 14 *Número de sesiones por cargo*

CARGO	Ejecución de CAPDo	Implementación de controles visuales	Implementación de lubricación a través de operadores	Capacitación en habilidades de operación	Cierre de tarjetas rojas	Cumplimiento de los estándares de limpieza	Cumplimiento de auditorías 5S	TOTAL
Operario 3	720	25	240	720	0	240	120	2065
Coordinador de Proceso	80	5	20	120	0	24	10	259
Técnico de Mantenimiento	80	0	80	0	840	12	0	1012
TOTAL	880	30	340	840	840	276	130	3336

Teniendo como referencia el número de sesiones requeridas y el valor asociado por cada una de las sesiones, se presenta a continuación el valor monetario requerido para la implementación del paso 2 del pilar de mantenimiento autónomo TPM en la línea 20 de rollos en la compañía.

Tabla 15 *Costo de sesiones por cargo*

CARGO	Ejecución de CAPDo	Implementación de controles visuales	Implementación de lubricación a través de operadores	Capacitación en habilidades de operación	Cierre de tarjetas rojas	Cumplimiento de los estándares de limpieza	Cumplimiento de auditorías 5S	TOTAL
Operario 3	\$ 5.037.420	\$ 174.910	\$ 1.679.140	\$ 5.037.420	\$ -	\$ 1.679.140	\$ 839.570	\$ 14.447.600
Coordinador de Proceso	\$ 2.242.668	\$ 140.167	\$ 560.667	\$ 3.364.002	\$ -	\$ 672.800	\$ 280.333	\$ 7.260.637
Técnico de Mantenimiento	\$ 1.245.927	\$ -	\$ 1.245.927	\$ -	\$ 13.082.229	\$ 186.889	\$ -	\$ 15.760.972
TOTAL	\$ 8.526.014	\$ 315.077	\$ 3.485.734	\$ 8.401.422	\$ 13.082.229	\$ 2.538.829	\$ 1.119.903	\$ 37.469.209

El énfasis que toma este análisis de costo se centra en el talento humano ya que es la base que soporta de manera clave la implementación, se debe tener presente que las tareas del mantenimiento autónomo son realizadas por el personal operativo que interactúa con los activos de producción de la compañía, bajo la coordinación de un experto de procesos y soportada por el personal especializado en actividades de mantenimiento.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

La Línea 20 aún se encuentra en un proceso de incorporación a la metodología y requiere reforzar los conceptos básicos de mejora continua y TPM en su personal base, especialmente si se considera su tasa de rotación.

Teniendo en cuenta la rotación de personal que tiene la compañía, es fundamental documentar y entrenar en las habilidades clave que le van a permitir a los nuevos ingresos tener una curva de aprendizaje en menor tiempo, disminuir los tiempos en cambios de formato, evitar el deterioro de los equipos por errores operativos y en general evitar una caída drástica en la eficiencia de la línea.

En relación con la metodología que está adoptando la Línea 20 de rollo se establecieron las principales actividades que permitirán dar continuidad a la implementación por medio del Paso 2 Pilar Mantenimiento Autónomo (MA) de la metodología TPM

Se identificaron 4 puntos con fallas crónicas y que ponen en riesgo la operación, la mejora de estos sistemas elevará significativamente la disponibilidad de la línea y por consiguiente el resultado de OEE.

Los estándares provisionales de limpieza han sido funcionales hasta el momento pero ya es pertinente realizar un nuevo análisis y plantear mejoras de tiempo así como nuevas operaciones dentro de los mismos. La metodología permitió la identificación de fuentes de contaminación (FDC) y áreas de difícil acceso (ADA) a través de tarjetas verdes, rojas o azules, las cuales han sido gestionadas con un nivel de ejecución aceptable

La Línea 20 requiere trabajar en la estandarización y control visual de todos sus ramales de empaque para lograr agilidad en sus cambios de formato, evitar reprocesos en el montaje del formato y en general mayor estabilidad en su proceso.

Se establecieron KPI que permitirán medir el avance de cada propuesta a través del tiempo y así mismo asegurar su sostenibilidad.

9.2. Recomendaciones

Cómo parte del proceso de incorporación de nuevo personal es importante contar con material de entrenamiento robusto en materia de TPM de tal manera que su adaptación a la metodología sea más efectiva.

Las tripulaciones se ven incompletas en períodos del año por la competitividad del mercado laboral, es importante continuar mejorando su posición dentro del mercado laboral para evitar la fuga de conocimiento.

Se recomienda mejorar la integración del trabajo con el área de mantenimiento priorizando los trabajos de condición básica que aceleran el deterioro de los activos, organizar espacios y agendas para alinear el enfoque de los recursos.

Se sugiere establecer la elaboración y mejora de una cantidad mínima de estándares provisionales de limpieza de acuerdo las necesidades de los sistemas que intervienen en el proceso productivo, con el fin de asegurar el sostenimiento de la condición básica, mantener la disciplina de los operadores y facilitar las labores de inspección.

Se recomienda definir una meta diaria para la ejecución de estándares de limpieza por equipo, ya que actualmente se ejecutan los más críticos y se deja a criterio la ejecución de los menos críticos. El cumplimiento diario del total de estándares debe superar el 90% para garantizar que los equipos no van a acumular exceso de suciedad y en el caso del empaque cada estándar debe ser ejecutado de manera periódica, de tal manera que se asegure al menos una vez a la semana.

10. Referencias

- ÁRBOL DE PROBLEMAS – Portal Uniciso. (s. f.). Recuperado 17 de septiembre de 2022, de <https://uniciso.com/producto/arbol-de-problemas/>
- Bernal, W. P. & Parra, E. L. (2020, 26 noviembre). *Plan de aplicación del TPM para los equipos y herramientas de la planta de fabricación y ensamblaje de vehículos de Niko Racing Colombia*. [Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/713>
- Bohórquez, F. (2008, mayo). *Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso*. [Trabajo de Grado, Instituto Tecnológico de Sonora]. (3) "Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso". TITULACIÓN POR TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS | Pablo Geovanni Hernandez Tabares - Academia.edu
- Camacho, W. & Lucano, E. (2020, 8 octubre). *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) en plantas de tratamiento: una revisión de la literatura científica*. [Trabajo de Grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24192>
- Cardona, J. A. & Castaño, C. A. (2020, 3 abril). *Repositorio Institucional Universidad de Antioquia: Aplicación de los pasos I y II del plan de mantenimiento autónomo basado en el mantenimiento productivo total para el Grupo Santa María por la Empresa EAT SERTA*. [Monografía Especialización, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/13750>
- Carro, R. & González, D. (2012). *Control estadístico de procesos*. Nulan. Recuperado 17 de septiembre de 2022, de <http://nulan.mdp.edu.ar/1617/>
- Coy, F. J. (2021, 9 febrero). *Formulación del plan de implementación de TPM en el paso 2 de mantenimiento autónomo en una empresa de alimentos de Bugalagrande*. [Trabajo de

Grado, Universidad del Valle].

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/19343>

Fernández, F. J. G. (2020). *Teoría Y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado: Introducción Al Mantenimiento 4.0*. Alianza Editorial.

Fam, Soo-Fen & Ismail, N & Yanto, Heri & Prastyo, Dedy & Lau, B. (2018). Lean manufacturing and overall equipment efficiency (OEE) in paper manufacturing and paper products industry. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 12., Article Online eISSN: 2289-8107

https://www.researchgate.net/publication/327664585_Lean_manufacturing_and_overall_equipment_efficiency_OEE_in_paper_manufacturing_and_paper_products_industry

Garrido, S. (2003). *Organización y Gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de los Santos S.A.

Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T. & Silva, F. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, volumen 13, pág. 1128-1134. ISSN 2351-9789
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>

González, G. A., Fajardo, S. A. & Rincón, R. B. (2022, mayo). *Propuesta para la implementación de estrategias de mantenimiento a equipos y herramientas de los centros de servicio y servicios in-house de la empresa Automundial S.A.* [Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2738>

Leyton, L. A. & Castro, J. F. (2021, 4 agosto). *Propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a la empresa Harinera del Valle, caso de estudio: línea de brownie planta Mama-ía Bogotá*. [Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1296>

Lozada, J. A. & Sánchez, D. A. (2013). *Estructuración del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores Siemens S.A.* [Proyecto de Grado, Universidad

- Distrital Francisco José de Caldas].
https://www.academia.edu/31807826/PROYECTO_DE_GRADO_TPM?auto=download
- Marin-Garcia, J. A. & Mateo Martínez, R. (2013, 30 octubre). Barriers and facilitators of the TPM implementation. *Intangible Capital*, 9(3). <https://doi.org/10.3926/ic.360>
- Mendoza, S. L. & Ramírez, M. (2016). *Análisis de los pasos 1-3 de TPM en la línea de empaque ICA*. [Proyecto de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<http://hdl.handle.net/11349/4187>
- Mora, L. A. (2007). *Mantenimiento estratégico empresarial: enfoque sistémico kantiano*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Mora, L. A. (2009). *MANTENIMIENTO PLANEACION EJECUCION Y CONTROL*. Alfaomega Colombiana S.A.
- Nepta, J. E. P. (2018, 31 julio). *TPM Para La Industria Colombiana | Letras ConCiencia TecnoLógica*. Recuperado 8 de septiembre de 2022, de <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/9>
- Rubiano, C. (2021, 23 febrero). *Propuesta de un Modelo de mejora en los planes de Mantenimiento de los Activos Fijos Productivos de la Planta de Aseo de la empresa Casa Luker S.A*. [Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/873>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M. & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Suzuki, T. (1996, 1 abril). *TPM En Industrias de Proceso: Originalmente Publicado Por El Japan Institute of Plant Maintenance*. Routledge.
- TPM o Toyota Product Maintenance: qué es e implementación*. (s. f.). Recuperado 17 de septiembre de 2022, de <https://blog.toyota-forklifts.es/tpm-total-productive-maintenance-produccion-vs-mantenimiento>

- Villegas, C. A. (2013, marzo). *Implementación del pilar de mantenimiento autónomo de TPM en las plantas de molienda húmeda y refinería de jarabes de maíz*. [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/4684>
- Wireman, T. (Editorial. Industrial Press Inc.). (2004). *Total Productive Maintenance*. Google Books. <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=UfKRG56P1-QC&oi=fnd&pg=PP9&dq=total+productive+maintenance+research+paper&ots=slyITd-IOk&sig=ocDfquSmznyyVOow6yJO30o3xxs#v=onepage&q&f=false>
- Workneh, M. & Singh, A. (2012, febrero). *Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry*. *Global Journal of researches in engineering*, Vol. 12 (Issue 1 Version 1.0), Article Online ISSN: 2249-4596. <https://globaljournals.org/item/120-total-productive-maintenancea-case-study-in-manufacturing-industry>