

DISEÑO DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO EN LA
EMPRESA LITO SAS

MARIA ALEJANDRA GUTIÉRREZ LÓPEZ
HARRYSON STITF MONTERO MEDINA
CARLOS ANDRES PORTILLA SANABRIA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2023

DISEÑO DE MEJORA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO EN LA EMPRESA
LITO SAS

MARIA ALEJANDRA GUTIÉRREZ LÓPEZ
HARRYSON STITF MONTERO MEDINA
CARLOS ANDRES PORTILL SANABRIA

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial

Director
NESTOR MAURICIO CASTAÑEDA
Ingeniero Mecánico
Magister en Ingeniería Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2023

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Fundación Universitaria Lumen Gentium para optar al título de:

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 30 de noviembre del 2022

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su apoyo y confianza en este camino.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por su constante apoyo moral y motivación, ayudando a superar los desafíos y alcanzar los objetivos establecidos, a Dios por iluminar nuestras mentes y guiarnos en el camino.

Expresamos un sincero agradecimiento a nuestro tutor Néstor Mauricio Castañeda, por la confianza y la responsabilidad brindadas para encaminarnos en el desarrollo de este proceso investigativo, por darnos aliento y las correcciones oportunas para seguir adelante y culminar este proceso.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	15
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	21
2.2 SISTEMATIZACIÓN	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
3.1 ALCANCE	22
3.2 LIMITACIONES.....	22
3.3 IMPACTO SOCIAL	22
3.4 IMPACTO AMBIENTAL	23
3.5 IMPACTO ECONÓMICO	23
4. OBJETIVOS	25
4.1 GENERAL.....	25
4.2 ESPECIFICOS.....	25
5. ESTADO DEL ARTE	26
6. MARCO REFERENCIAL.....	29
6.1 MARCO TEÓRICO	29
6.1.1 TEORÍA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	29
6.1.2 INDICADOR DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR).....	30
6.1.3 ANÁLISIS DE FALLAS Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (ACR).....	30
6.1.4 LEAN MANUFACTURING	30
6.1.5 PROCESOS.....	31
6.1.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	33
6.2 MARCO CONCEPTUAL	34
6.2.1 PLANEACIÓN.....	34
6.2.2 MANTENIMIENTO.....	34
6.2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	34

6.2.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	35
6.2.5 MANTENIMIENTO PLANIFICADO	36
6.2.6 FACES DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	36
6.3 MARCO CONTEXTUAL	38
6.4 MARCO LEGAL	39
6.4.1 ISO 9001:2015.....	39
6.4.2 RESOLUCIÓN 1160 DE 6 DE ABRIL 2016	39
6.4.3 RESOLUCIÓN 3619 DE 17 DE SEPTIEMBRE DE 2016	40
6.4.4 ISO 14224.....	40
6.4.5 ISO 55001	40
6.4.6 LEY 99 DE 1993	40
6.4.7 ISO 14001	41
6.4.8 DECRETO 4741 DE 2005.....	41
6.4.9 RESOLUCIÓN 2400 DE 1979	41
6.4.10 LEY 1562 DE 2012	41
7. METODOLOGÍA	43
7.1 TIPO DE ESTUDIO.....	43
7.2 METODO DE INVESTIGACIÓN	43
7.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.....	44
8. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE LITO SAS, MEDIANTE LA IDENTIFICACION DE FALLAS RECURRENTE Y EL ANALISIS DE LOS REGISTROS DE MANTENIMIENTO.....	45
8.1 DISEÑO DE ENCUESTA.....	46
8.2 RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE DATOS	48
8.3 PRESENTACION DE RESULTADOS	54
8.4 ¿LOS CINCO POR QUÉ?.....	54
8.5 ANALISIS FINAL.....	55
9. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO	57
9.1 ESQUEMA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	57

9.1.1 LOS 5 PASOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL TPM	58
9.1.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM	63
10. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO MEDIANTE INDICADORES Y UN ANALISIS ECONÓMICO	91
10.1 INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO BASADO EN TPM.....	91
10.2 INDICADOR DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR).....	93
10.3 INDICADOR DE INDICE DE DISPONIBILIDAD	96
10.4 INDICADOR DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF).....	99
10.5 INDICADOR PORCENTAJE DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS.....	103
10.6 EVALUACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO BASADO EN EL TPM	107
10.7 ANALISIS FINAL.....	110
10.8 COSTOS DEL PROYECTO.....	111
11. CONCLUSIONES	115
12. RECOMENDACIONES	117
13. REFERENCIAS.....	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Análisis Ishikawa planteamiento del problema 1	20
Figura 2 Principios Lean	31
Figura 3 Pregunta N°1	49
Figura 4 Pregunta N°2	50
Figura 5 Pregunta N°3	50
Figura 6 Pregunta N°4	51
Figura 7 Pregunta N°5	51
Figura 8 Diagrama Ishikawa análisis del diagnostico.....	56
Figura 9 Diagrama del funcionamiento del TPM.....	57
Figura 10 Los cinco pasos en el desarrollo de la implementación del TPM.....	58
Figura 11 Organigrama Lito SAS.....	61
Figura 12 Políticas y metas del TPM	62
Figura 13 Los 8 pilares de TPM.....	65
Figura 14 Industria 4.0	66
Figura 15 Logotipo corporativo de AppSheet.....	67
Figura 16 Captura aplicativo	68
Figura 17 Captura lista pre operacional	70
Figura 18 Captura del aplicativo montacargas.....	71
Figura 22 Captura menú principal del aplicativo	76
Figura 25 Captura ingreso a la hoja de vida	87
Figura 26 Captura hoja de vida.....	87
Figura 28 Indicador (MTTR) por mes.....	95
Figura 29 Fallas por cada montacargas por mes.....	95
Figura 30 Indicador de índice de disponibilidad	99
Figura 31 Porcentajes de confiabilidad	102
Figura 32 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de enero	104
Figura 33 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos febrero	105
Figura 34 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de marzo	106

Figura 35 costos de mantenimiento durante el primer trimestre112
Figura 36 costos de mantenimiento113

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Diseño de la encuesta.....	47
Tabla 2 Datos del personal encuestado.....	48
Tabla 3 Parte I del personal encuestado.	52
Tabla 4 Parte II del personal encuestado.	53
Tabla 5 Los cinco por qué?.....	55
Tabla 6 Cronograma de mantenimiento.....	60
Tabla 7 Lista de los ocho pilares del TPM	64
Tabla 8 Mantenimiento autónomo.....	74
Tabla 9 Cronograma de capacitación y entrenamiento.....	79
Tabla 10 Actividades fundamentales para la instalación	81
Tabla 11 Verificación de tallada de la operación.....	82
Tabla 12 Lista de chequeo.....	84
Tabla 13 Estándares y puntuación para la selección del proveedor	85
Tabla 14 Parámetros para creación de un reporte.....	86
Tabla 15 Objetivos indicadores metas y evidencias	88
Tabla 16 Indicadores de evaluación de un plan piloto	92
Tabla 17 Indicador de Tiempo medio de reparación.....	94
Tabla 18 Indicador de índice de disponibilidad	98
Tabla 19 Indicador de tiempo entre fallos (MTBF)	101
Tabla 20 Porcentajes de mantenimientos preventivos y correctivos de enero	104
Tabla 21 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de febrero	105
Tabla 22 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de Marzo	105
Tabla 23 Evaluación estructura de un sistema de seguimiento y control del (TPM)	108
Tabla 24.....	109
Tabla 25 Resultados obtenidos.....	110
Tabla 26 Inversión anual del plan de mantenimiento.....	111
Tabla 27 Costos alquiler de montacargas.....	114

GLOSARIO

Logística inversa: proceso que implica el retorno de productos desde el punto de consumo hasta su origen.

Excedentes industriales: productos, subproductos, materiales, residuos y otros elementos generados en procesos industriales.

Residuos peligrosos: materiales o sustancias que presentan algún peligro para la salud o el medio ambiente.

Sostenibilidad: capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones.

Responsabilidad social empresarial: compromiso de las empresas con el desarrollo sostenible, que implica considerar el impacto de sus acciones en la sociedad y el medio ambiente.

Competitividad: capacidad de una empresa para mantenerse relevante y sostenible en el mercado.

Mantenimiento industrial: función de apoyo que opera a cierto costo y que tiene un impacto significativo

Vida útil: período de tiempo durante el cual un equipo o un producto se mantiene en óptimas condiciones de funcionamiento.

Productividad: medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir bienes y servicios.

TPM (Mantenimiento Productivo Total

TQM (Total Quality Management):

Análisis de fallas: técnica utilizada para identificar las causas de una falla o problema en un equipo o proceso.

(ACR)Análisis de causa raíz.

Gestión integral: es el proceso de coordinar y dirigir todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos.

Excedentes industriales: son los materiales o productos que no son necesarios para la producción o el funcionamiento de una empresa, y que pueden ser vendidos o reciclados para generar ingresos adicionales.

Residuos peligrosos: son los residuos que representan un peligro para la salud humana o el medio ambiente debido a sus características físicas, químicas o biológicas.

Competitividad: es la capacidad de una empresa o país para competir con éxito en un mercado determinado, produciendo bienes o servicios de alta calidad a precios razonables.

Cadena de producción: es el conjunto de procesos, operaciones y actividades que se llevan a cabo para producir un producto o servicio, desde la materia prima hasta la entrega al cliente final.

Mantenimiento industrial: es el conjunto de actividades y técnicas que se realizan para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y maquinarias utilizados en la producción

Vida útil: es el tiempo que un equipo o maquinaria puede ser utilizado de manera eficiente y efectiva antes de ser reemplazado o renovado.

Filosofía de las cero interrupciones: es la estrategia de mantenimiento que se enfoca en evitar cualquier tipo de interrupción en el proceso de producción.

RESUMEN

En el presente trabajo de grado llevó a cabo un estudio sobre el mantenimiento y la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la empresa Lito SAS. El objetivo inicial fue comprender los conceptos de mantenimiento y TPM, y realizar un diagnóstico para evaluar el estado actual de la empresa y determinar los puntos clave a investigar.

Posteriormente, se realizó un plan piloto en la cual se llevaron a cabo capacitaciones y se siguieron los cinco pasos para la implementación del TPM. Además, se desarrolló un plan maestro que abarcó los ocho pilares del TPM. Este plan piloto demostró aumentar la eficiencia y la producción en la empresa.

Para evaluar la eficiencia del plan piloto, se utilizaron indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre fallos (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR), el índice de disponibilidad y la confiabilidad de los activos. También se calculó el porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos realizados. Los resultados de estos indicadores mostraron una mejora significativa en la eficiencia del mantenimiento.

Además, se llevó a cabo una evaluación por parte del director de la sede, quien destacó que la plan piloto cumplió con los requerimientos de la empresa Lito y contribuyó al éxito de la implementación del TPM.

En conclusión, este trabajo de grado evidencia la importancia del TPM como enfoque de mantenimiento para mejorar la eficiencia y la producción en una empresa. El plan piloto realizado en Lito SAS demostró los beneficios de la implementación del TPM y su impacto positivo en los indicadores de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento, productividad, herramienta, plan, efectivo calidad, beneficios, plan, diagnostico.

ABSTRACT

The energy in this degree work, a study was carried out on the maintenance and implementation of the TPM (Total Productive Maintenance) in the company Lito SAS. The initial objective was to understand the concepts of maintenance and TPM, and to carry out a diagnosis to evaluate the current state of the company and determine the key points to investigate.

Subsequently, a pilot test was carried out in which training was carried out and the five steps for the implementation of the TPM were followed. In addition, a master plan was implemented that encompassed the eight pillars of the TPM. This pilot test will increase efficiency and production in the company.

To evaluate the efficiency of the pilot test, maintenance indicators such as Mean Time between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), Availability Rate, and Asset Reliability were used. The percentage of preventive and corrective maintenance carried out was also calculated. The results of these indicators showed a significant improvement in maintenance efficiency.

In addition, an evaluation was carried out by the director of the headquarters, who highlighted that the pilot test met the requirements of the Lito Company and contributed to the success of the TPM implementation.

In conclusion, this degree work shows the importance of TPM as a maintenance approach to improve efficiency and production in a company. The pilot test carried out in the company Lito SAS broke the benefits of the implementation of the TPM and its positive impact on the maintenance indicators.

Keywords: Maintenance, productivity, tool, plan, effective quality, benefits, test, diagnosis.

1. INTRODUCCIÓN

La logística inversa es un proceso que implica el retorno de productos desde el punto de consumo hasta su origen con el objetivo de reutilizarlos, reciclarlos o desecharlos adecuadamente. En este contexto, Lito SAS se dedica a la gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos, comprometida con la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial. Como indican gallegos et al., (2019)

La logística inversa es un campo lleno de posibilidades de estudio en donde aportar a la sociedad y a las empresas metodologías, procesos y conocimiento que permita comprender de mejor manera su implementación. (p.12)

La competitividad es fundamental para cualquier industria que busca mantenerse relevante y sostenible en el mercado. Para lograrlo, es necesario mejorar los procesos de producción. El mantenimiento industrial juega un papel clave en ello. Sin embargo, en Lito SAS, el mantenimiento industrial se realiza de manera inadecuada, esperando a que los equipos fallen antes de intervenir y es por eso que se están presentando altos costos de mantenimiento es importante resaltar lo que menciona, Uribe, S. C. (2020). “Para las medianas y grandes empresas es fundamental aplicar estrategias de mantenimiento que permitan incrementar la vida útil de los equipos, mejorando así su disponibilidad y confiabilidad, lo que conlleva a efectos positivos en la productividad.”(p.3)

En este sentido, el presente trabajo de grado se enfoca en desarrollar un plan de mantenimiento basado en el TPM (Total Productive Maintenance) para optimizar el mantenimiento industrial de Lito SAS.

Mejorando la eficiencia del mantenimiento, alejándose del enfoque correctivo y adoptando una gestión proactiva y preventiva. Mediante el desarrollo de un plan piloto de mantenimiento planificado, impulsando la disponibilidad y operatividad de los equipos, contribuyendo así a la competitividad y sostenibilidad de Lito SAS en el mercado.

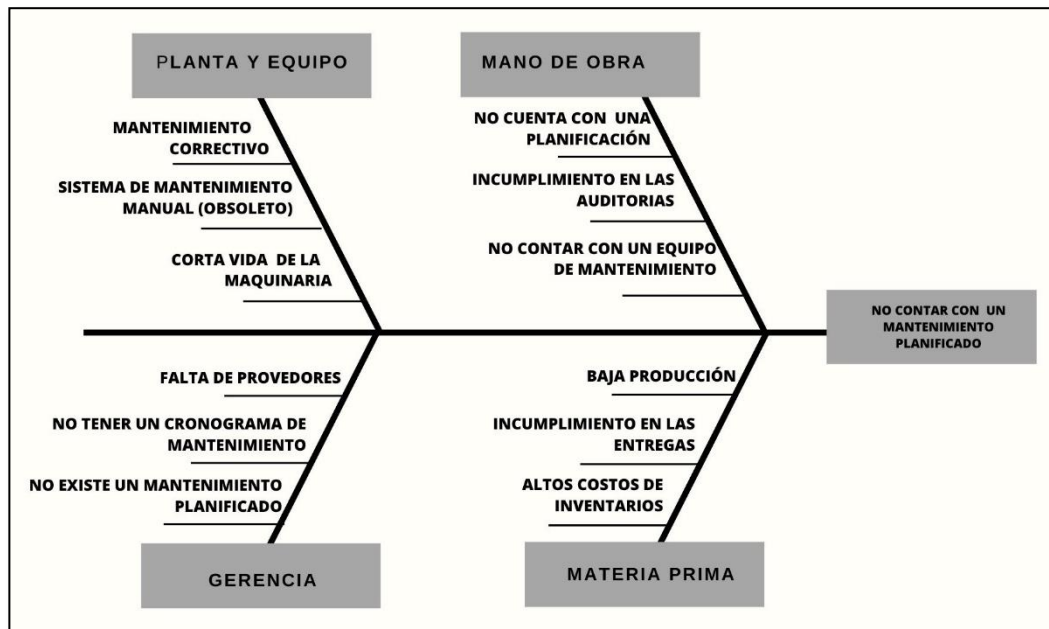
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La competitividad aumenta cada vez más, buscando siempre la eficiencia y eficacia en el proceso de producción. Que es la clave para el éxito empresarial. Una de las actividades críticas para lograr estos objetivos es el mantenimiento industrial, que se encarga de garantizar el funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados en el proceso de producción.

El mantenimiento industrial es una actividad crítica para garantizar la eficiencia y eficacia. Sin embargo, se desarrolla de manera inadecuada en las instalaciones y plantas de producción, ya que el mantenimiento industrial se lleva a cabo de manera correctiva, es decir, que esperan que un equipo o maquinaria falle. Este problema radica, en la falta de un adecuado mantenimiento planificado. Esto se debe, en muchos casos, a una falta de conciencia y compromiso por parte de la alta dirección de la empresa, quienes no ven el mantenimiento planificado como una inversión a largo plazo que puede contribuir a mejorar la competitividad y rentabilidad del negocio.

El efecto de no contar con un diseño de mantenimiento planificado se manifiesta en una mayor frecuencia de paradas no planificadas, aumento de los costos de reparación y mantenimiento, reducción de la eficiencia y eficacia en la producción menor satisfacción del cliente, una disminución de la competitividad de la empresa en el mercado por lo tanto resulta evidente la importancia de tener un diseño de mantenimiento planificado adecuado para garantizar la eficiencia y eficacia del proceso de producción, reducir los costos de mantenimiento y reparación, aumentar la satisfacción de los distintos clientes cumpliendo con sus auditorías, mejorar la competitividad y rentabilidad de la empresa, como se indica en la figura 1 .

Figura 1 Análisis Ishikawa planteamiento del problema 1



Fuente: Autoría propia

2.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo debe ser el mantenimiento planificado en Lito SAS basado en el TPM?

2.2 SISTEMATIZACIÓN

¿Cuál es el estado actual del sistema de mantenimiento industrial de Lito S.A.S en términos de las fallas recurrentes y los registros de mantenimiento identificados?

¿Cómo debe ser un plan piloto de mantenimiento planificado en la empresa Lito S.A.S, utilizando la herramienta TPM, con el objetivo de mejorar el control en el área de mantenimiento y minimizar las paradas no planificadas en la producción?

¿Cuál es la efectividad del plan piloto de mantenimiento planificado propuesto en la empresa Lito SAS y su costo de implementación?

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 ALCANCE

Este trabajo de grado tiene como objetivo diseñar un plan piloto de mantenimiento basado en la herramienta TPM para optimizar el sistema de mantenimiento industrial de Lito SAS, Para lograr esto, se llevó a cabo un diagnóstico del estado actual del sistema de mantenimiento industrial de la empresa, con el fin de identificar las fallas recurrentes y analizar los registros de mantenimiento.

3.2 LIMITACIONES

Uno de los desafíos a enfrentar en este trabajo de grado es la disponibilidad limitada de recursos y personal especializado en la empresa Lito SAS para el desarrollo de un plan piloto con el plan de mantenimiento basado en TPM, es necesario considerar el impacto que la adopción de esta metodología puede tener en la cultura organizacional y en la forma de trabajo del personal. Ya que exigió un cambio significativo en la forma en que se aborda el mantenimiento y la gestión de los equipos, lo que podría generar desafíos y dificultades para adaptarse a los cambios. Lo que requiere de estrategias de comunicación y capacitación efectivas.

3.3 IMPACTO SOCIAL

El plan de mantenimiento diseñado en este trabajo cuenta con el potencial de generar un impacto positivo en la economía de Lito SAS y en la sociedad en general. Optimizando el sistema de mantenimiento industrial, al disminuir el tiempo de inactividad de la planta. Se mejoró la calidad y los servicios, lo que aumento la competitividad de la empresa y contribuyo al desarrollo económico de la región. Así mismo, al mejorar las condiciones laborales de los trabajadores al reducir los riesgos

asociados a las fallas de los equipos, aportando bienestar y seguridad a los mismos, lo que tuvo un efecto positivo en su productividad y calidad de vida.

3.4 IMPACTO AMBIENTAL

El desarrollo de un plan de mantenimiento planificado tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que la reducción de las paradas no planificadas en la producción disminuye el consumo de energía y recursos, así como la generación de residuos y emisiones. Además, mejora la eficiencia y la seguridad de los procesos productivos, reduciendo así el riesgo de accidentes y daños ambientales.

Otro impacto positivo de implementar un plan de mantenimiento planificado es que prolonga la vida útil de los equipos y maquinarias utilizados en la producción. Al mantenerlos en óptimas condiciones, se reduce la necesidad de reemplazarlos con frecuencia, lo que a su vez disminuye la cantidad de residuos generados por la eliminación de equipos obsoletos y prolonga la vida útil de los equipos, lo que contribuye a una disminución en la huella ambiental de la producción.

3.5 IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de un plan de mantenimiento planificado genera un impacto positivo en la economía de la empresa, ya que la reducción de las paradas no planificadas en la producción permite mejorar la eficiencia y la productividad, lo que se traduce en una disminución de los costos y un aumento de los ingresos. Además, mejora la calidad de los productos y servicios ofrecidos por la empresa, contribuyendo al aumento de la competitividad y la fidelización de los clientes. Es importante mencionar que otro impacto positivo de desarrollar un plan de mantenimiento planificado, es que puede ayudar a la empresa a evitar costos imprevistos asociados con las reparaciones y el reemplazo de equipos. Al mantener

los equipos y maquinarias en óptimas condiciones, y reducir los costos de reparación a su vez puede ayudar a reducir los gastos generales de la empresa.

Además, un plan de mantenimiento planificado incluye la identificación y solución de problemas de manera proactiva, lo que puede prevenir la ocurrencia de problemas mayores y costosos en el futuro.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Diseñar un plan piloto de mantenimiento basado en (TPM) que permita buen funcionamiento del sistema de mantenimiento industrial en Lito SAS, ubicada en Yumbo Valle del Cauca.

4.2 ESPECIFICOS

- Diagnosticar el estado actual del sistema de mantenimiento industrial de Lito SAS, mediante la identificación de las fallas recurrentes y el análisis de los registros de mantenimiento.
- Estructurar un plan piloto que contenga un sistema de seguimiento y control del mantenimiento de Lito SAS basado en TPM.
- Evaluar la eficacia del plan de mantenimiento propuesto mediante indicadores y un análisis económico.

5. ESTADO DEL ARTE

Se llevó a cabo el análisis de diversas propuestas de mejora en la gestión del mantenimiento en distintas organizaciones, con el objetivo de minimizar las paradas no programadas, mejorar la calidad de los activos y aumentar la disponibilidad operativa de la planta. En este texto se presentan cuatro propuestas de mejora en la gestión del mantenimiento realizadas por diferentes autores como opción de grado, las cuales han generado herramientas y metodologías encaminadas al logro de un desarrollo integral y sostenible de la gestión del mantenimiento en distintas empresas.

Los autores Ochoa y Garavito (2016) realizaron como opción de grado una propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la gestión de mantenimiento para la empresa Coca-Cola femsa”, presentada a la facultad de ingeniería de 14 la universidad ECCI, en el cual se realiza un plan de auditoría para identificar puntos mejorables en la gestión del mantenimiento.

El trabajo citado sirve para evaluar una serie de aspectos en áreas de gestión y brindar estrategias como el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) o gestión de auditorías para un mejoramiento continuo. El estudio generó propuestas para el desarrollo de nuevas metodologías y herramientas encaminadas al logro de un desarrollo integral y sostenible de la gestión del mantenimiento de gran utilidad.

El autor Jorge Gonzales en el año 2016 realizó como opción de grado una propuesta de mantenimiento planificado para la línea de producción de la empresa Latercer, presentada a la facultad de ingeniería de la universidad católica. La finalidad de este trabajo de grado fue la elaboración de nuevos lineamientos para adoptar una estrategia de mantenimiento preventivo, pues frecuentemente esa organización

incurría en acciones de tipo correctivo, generando paradas en sus procesos. (GONZALES, 2016).

Este proyecto muestra un desarrollo de un plan de mantenimiento planificado brindando herramientas como graficas de control o diagramas de Pareto, garantizaron la confiabilidad de los activos, el aumento de la capacidad de las máquinas y la disminución de unidades rechazadas. A su vez a partir de diagnósticos por maquina se mencionan las posibles soluciones y se asignan los recursos necesarios del inventario.

Los autores Wilson Shupingahua y Armando Moya en el año de 2019 realizaron como opción de grado una “propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor”. Presentado a la universidad peruana de ciencias aplicadas. La finalidad del trabajo describe los resultados obtenidos con la implementación de nuevas herramientas de mantenimiento planificado. Amcor. (Shupingahua & Moya, 2019).

El trabajo aporta la mejorara de la calidad en los activos fijos, brinda herramientas como conceptos de manufactura y desarrollo de histogramas que buscan minimizar el consumo durante los procesos de producción de la empresa.

En el año 2019 el ingeniero Manuel Muñoz realizo como opción de grado la “propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM”. Presentado a la universidad de Guayaquil. El trabajo tiene como reducir el número de paradas no programadas, las cuales impactan directamente en los 21 procesos productivos generando sobrecostos, retrasos y pérdidas para la compañía. (JOHNNY & BERNARDO, 2019).

El autor propone un plan de mejoramiento basándose en la técnica japonesa del TPM; con estrategias en el Lean Manufacturing que buscan identificar los equipos que impactan directamente en los procesos de la empresa y hacerles planes especiales de mantenimiento mejorando la disponibilidad y confiabilidad operativa de la planta.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 Teoría del mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM es una herramienta de gestión que se enfoca en mantener los equipos en óptimas condiciones para minimizar los tiempos de parada no planificada, aumentar la disponibilidad y eficiencia de los equipos, y reducir los costos de mantenimiento. Se puede utilizar esta teoría para diseñar un plan de mantenimiento basado en TPM, asegurando la continuidad y mejora continua del sistema de mantenimiento industrial de Lito SAS.

El TPM es en la actualidad uno de las herramientas fundamentales para lograr la eficiencia y competitividad, lo que supone cumplir con especificaciones de calidad, tiempo y costo de la producción y generalmente se ejecuta conjuntamente con TQM (Total Quality Management), el cual se fundamenta en la búsqueda permanente por mejorar los rendimientos de procesos y los medios de producción. TPM es altamente eficaz en empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales (empresas intensivas en el uso de maquinaria), ya que combina un conjunto de actividades y técnicas para lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad de producción instalada, sin requerir grandes inversiones. (Alcaraz, 2011)

6.1.2 Indicador de tiempo medio de reparación (MTTR)

Este indicador permite observar el tiempo promedio que tardan las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivos mecánicos. Como menciona Zegarra, M. (2016). Es el tiempo que la máquina se encuentra bajo el estado de reparación (inoperativa para el trabajo).

6.1.3 Análisis de fallas y análisis de causa raíz (ACR)

El análisis de fallas y el ACR se utilizan para identificar las fallas recurrentes y las causas raíz de estas. Estas herramientas permiten diagnosticar el estado actual del sistema de mantenimiento industrial de Lito SAS, mediante la identificación de las fallas recurrentes y el análisis de los registros de mantenimiento. La finalidad del trabajo de esta tesis es dar a conocer la metodología del Análisis Causa Raíz (ACR) utilizada comúnmente en la evaluación de eventualidades que causan problemas en instalaciones de tipo industrial, en este caso una refinería, ya que, por sus componentes, tipos de insumos que maneja, así como los productos que en ella se generan, siempre existirán riesgos de cualquier índole. El ACR se enfoca en la resolución de problemas a través de la identificación y corrección de las causas raíz de los eventos, en lugar de tratar los síntomas que surjan de un problema. Al concentrarse en la corrección de la causa raíz, se previene la repetición del evento. (MARYCRUZ ALFARO ANTOR, 2014)

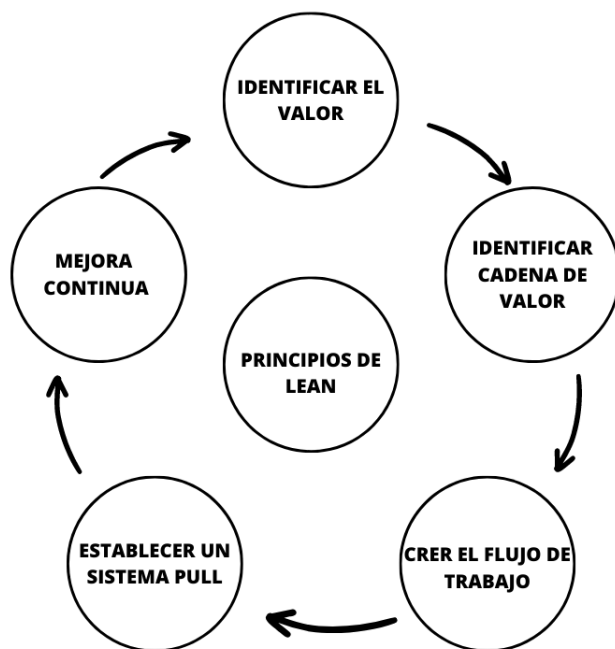
6.1.4 Lean Manufacturing

La filosofía Lean busca eliminar los desperdicios, maximizar el valor para el cliente y mejorar la eficiencia del proceso de producción. Se puede utilizar esta teoría para

optimizar el plan de mantenimiento, minimizando los tiempos necesarios para la elaboración de un trabajo, optimizando los recursos y garantizando la producción de bienes y servicios.

Es un conjunto de técnicas desarrolladas por la Compañía Toyota que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño. El objetivo es minimizar el desperdicio. (Padilla, 2010) Esta metodología consta de cinco principios fundamentales que son la base para el desarrollo como se muestra a continuación en la figura 2

Figura 2 Principios Lean



Fuente: Autoría propia

6.1.5 Procesos

Un proceso industrial es un conjunto de actividades que se realizan para convertir la materia prima en un producto final. Ante todo, vamos a aclarar que en el proceso

industrial se realizan actividades y procedimientos. Estos permiten que la materia prima pueda sufrir modificaciones. Estas modificaciones pueden alterar el tamaño, la forma, la densidad, la estética o el color de la materia prima que es objeto de transformación. Como consecuencia, para alterar la materia prima se pueden utilizar diferentes métodos. La manipulación de la materia prima hace que esta pueda ser modificada. Luego se convierte en materiales, herramientas sustancias y productos, con el objetivo de satisfacer necesidades de consumo o de utilización. (Quiroa, 2020)

6.1.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total (TPM) son las siglas de "Total Productive Maintenance", que en español significa "Mantenimiento Productivo Total". Es una estrategia de gestión de mantenimiento que se enfoca en maximizar la eficiencia y la productividad de los equipos y maquinarias en una empresa.

Castro Pico, J. D. (2023). Menciona que el "TPM" es una perspectiva para la gestión del mantenimiento industrial, que permite desarrollar estrategias para la mejora continua de las capacidades y procesos de la planta, de modo que los equipos de producción estén siempre disponibles y listos. (p.35)

6.2 MARCO CONCEPTUAL

6.2.1 Planeación

La planeación es la acción de la elaboración de estrategias que permiten alcanzar una meta ya establecida, para que esto se puede llevar a cabo se requieren de varios elementos, primero se debe comprender y analizar una cosa o situación en específica, para luego pasar a la definir los objetivos que se quieren alcanzar, de cierta forma, el planear algo define el lugar o momento en donde se encuentra algo o alguien, plantea a donde se quiere ir e indica paso a paso lo que se debe hacer para llegar hasta allí. (Concepto Definición, 2022)

6.2.2 Mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. (OSSA, 2019)

6.2.3 Mantenimiento Preventivo

La finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc.

Se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. (SIMA, 2018)

6.2.4 Mantenimiento Correctivo

Comprende todas las actividades encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificaciones de elementos en máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambio de especificaciones, ampliaciones, revisiones de elementos básicos de mantenimientos y conservación. Este tipo de actividad es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros. (UNE, 2012)

El mantenimiento correctivo planifica un sistema de recorrido en los procesos de mantenimiento para optimizar el desarrollo de este. Programar el proceso de mantenimiento mediante la definición de actividades, estimaciones de tiempos y distribución de dichas actividades. Ejecutar las operaciones que se desarrollan en cada etapa apoyándose en La seguridad personal de los técnicos a cargo del Mantenimiento correctivo. Supervisar y Controlar las etapas del mantenimiento mediante un seguimiento en las actividades (fuerza de trabajo, posibles defectos, etc.). (Razzetto Canales, 2021)

6.2.5 Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planificado es el proceso que necesitas para gestionar los recursos que has destinado al mantenimiento de activos. Las inversiones no planificadas están destinadas al fracaso. Es por eso que debes designar a una persona que planifique todas las actividades y recursos disponibles para el mantenimiento, así como los técnicos responsables. En este artículo, conocerás la mejor forma de ejecutar el mantenimiento planificado en una empresa y entenderás por qué es tan importante para un plan de mantenimiento exitoso. (Mancuzo, 2020)

El mantenimiento planificado tiene lugar antes de que ocurra la falla. Según Ferren, 2005. Consiste en servicios de inspección, control conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir detectar corregir defectos tratando de evitar fallas. Esto quiere decir que el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza periódicamente para mayor vida útil de cada equipo al que se le aplique para un debido seguimiento. Es un programa planificado, destinado asegurar el mínimo tiempo de paros no previstos y un máximo de tiempo de funcionamiento productivo, eficaz y eficiente para equipos maquinarias y por supuesto los procesos de producción es decir se ejecutan para evitar la falla crítica. (GUZMAN, 2016).

6.2.6 Facetas del Mantenimiento Planificado

6.2.6.1 Identificar

El mantenimiento planificado comienza con la definición del problema. Para esto, será necesario contar con datos detallados de los equipos e instalaciones, incluyendo una evaluación del estado actual, un historial de averías y tiempo entre fallas, índices de mantenibilidad, etc. Esta base de datos, junto con el problema puntual que deseamos resolver, será fundamental para el técnico que reciba la

orden de trabajo. En cuanto a la información sobre el problema, se debe conocer el activo en cuestión y qué procesos pueden verse afectados por él. (Mancuzo, COMPARASOFTWARE, 2020)

6.2.6.2 Planificar

Después de recopilar toda la información necesaria y señalar el problema preciso, el encargado de mantenimiento describe los detalles del trabajo a realizar. Esto incluye definir los materiales, herramientas y tareas desglosadas para trabajar en el activo. También es importante inspeccionar el lugar de trabajo, los accesos, los servicios disponibles, el equipo temporal, los materiales y estructuras que pueden entorpecer el trabajo. (Mancuzo, COMPARASOFTWARE, 2020).

6.2.6.3 Programar

Aprovechar las herramientas de generación de informes y captura de datos que ofrece un software profesional. Los técnicos y operadores pueden proporcionar comentarios de primera mano sobre cómo ajustar la estrategia para obtener resultados óptimos. (Mancuzo, COMPARASOFTWARE, 2020).

6.2.6.4 Ejecutar

En relación con otras tareas, con el cronograma principal y las actividades más prioritarias. Además, debes planificar los indicadores de mantenimiento (KPIS), que permitirán evaluar los trabajos realizados. (Mancuzo, COMPARASOFTWARE, 2020).

6.3 MARCO CONTEXTUAL

El entorno de la investigación realizada en Lito SAS es el área de mantenimiento de maquinarias, en la cual se identificaron pérdidas generadas por una falta de diseño de mantenimiento planificado. La empresa se ubica en Yumbo Valle del Cauca.

El objeto de estudio de la investigación fue el sistema TPM, el cual se enfoca en maximizar la eficiencia y eficacia de las maquinarias y equipos a través de un mantenimiento planificado y preventivo. El objetivo de implementar este sistema en la empresa fue reducir los costos de mantenimiento y reparación, aumentar la satisfacción del cliente, mejorar la competitividad y rentabilidad de la empresa, y cumplir con las auditorías de calidad.

La investigación permitió identificar los efectos negativos que se generan al no contar con un diseño de mantenimiento planificado adecuado, tales como una mayor frecuencia de paradas no planificadas, aumento de los costos de reparación y mantenimiento, reducción de la eficiencia y eficacia en la producción, menor satisfacción del cliente y disminución de la competitividad de la empresa en el mercado.

En conclusión, la investigación realizada en Lito SAS permitió demostrar la importancia de contar con un diseño de mantenimiento planificado adecuado a través del sistema TPM para garantizar la eficiencia y eficacia del proceso de producción, reducir los costos de mantenimiento y reparación, aumentar la satisfacción de los distintos clientes, mejorar la competitividad y rentabilidad de la empresa y cumplir con las auditorías de calidad.

6.4 MARCO LEGAL

Desarrollo de un plan de mantenimiento planificado basado en el TPM en Lito SAS, es importante tener en cuenta las normas y leyes relacionadas con el manejo de residuos peligrosos, la gestión ambiental, seguridad y salud de los trabajadores. A continuación, se presentan algunas normativas relevantes en Colombia.

6.4.1 ISO 9001:2015

Es una norma de gestión de la calidad que se enfoca en la mejora continua de los procesos, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios. Se puede utilizar esta teoría para evaluar la eficacia del plan de mantenimiento planificado diseñado, mediante la comparación de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia antes y después de realizar un plan piloto, de mantenimiento basado en TPM. Además, se puede utilizar para estructurar un sistema de seguimiento y control del plan de mantenimiento basado en TPM, asegurando la continuidad y mejora continua del sistema. (Fanny Liliana Cruz Medina, 2016)

6.4.2 Resolución 1160 de 6 de abril 2016

Resolución 1160 de 6 de abril 2016 del ministerio de salud y protección establece los manuales para las buenas prácticas de manufactura y las guías establecimientos de Producción de medicamentos. Trata sobre aspectos de auto inspección para mantenimiento de instalaciones y equipos. Las instalaciones deben tener un mantenimiento cuidadoso, y se debe garantizar que las operaciones de reparación y mantenimiento no presentaran ningún peligro a la calidad del producto.

6.4.3 Resolución 3619 de 17 de septiembre de 2016

Resolución 3619 de 17 de septiembre del 2016 del ministerio de salud y protección. Establece los manuales de buenas prácticas de laboratorio de control de calidad, de productos farmacéuticos. Trata sobre aspectos de mantenimiento planificado y verificación de instrumentos y equipos. La norma menciona que las instalaciones del laboratorio deben tener equipos de seguridad idóneos, posicionados apropiadamente, además de contar con medidas para asegurar un correcto proceso de mantenimiento.

6.4.4 ISO 14224

Norma internacional utilizada como herramienta para registrar eventos y experiencias, brindando una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar.

6.4.5 ISO 55001

Norma internacional orientada para una correcta gestión de activos se centra en desarrollar un sistema de gestión proactivo de ciclo de vida de activos. Admite la optimización de los activos y reduce el coste total de propiedad mientras que le ayuda a cumplir con los requisitos de seguridad y rendimiento necesarios.

6.4.6 Ley 99 de 1993

Esta ley establece el marco general para la gestión ambiental en Colombia y busca garantizar la protección y conservación de los recursos naturales y del medio ambiente en general. Se aplica en el contexto de Lito SAS ya que su actividad implica la gestión de residuos peligrosos y excedentes industriales, por lo que es

importante que la empresa cumpla con los estándares ambientales establecidos en esta norma.

6.4.7 ISO 14001

Norma Internacional para la estandarización de un Sistema de Gestión Ambiental. La anterior norma internacional aplica para el mejoramiento continuo encaminado a la disminución del impacto ambiental de empresas manufactureras.

6.4.8 Decreto 4741 de 2005

Establece los requisitos para el manejo ambientalmente adecuado de los residuos peligrosos en Colombia. Se aplica en el contexto de Lito SAS ya que su actividad principal es la gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos, por lo que es importante que la empresa cumpla con los estándares establecidos en esta norma para el manejo adecuado de los residuos peligrosos que gestiona.

6.4.9 Resolución 2400 de 1979

Establece las normas de seguridad e higiene industrial que deben cumplir las empresas en Colombia. Se aplica en el contexto de Lito SAS ya que la empresa cuenta con equipos y maquinarias que deben ser mantenidos de forma segura y eficiente para garantizar la seguridad de los trabajadores y la continuidad de las operaciones.

6.4.10 Ley 1562 de 2012

Establece el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en Colombia, que tiene como objetivo proteger la salud y seguridad de los

trabajadores. Se aplica en el contexto de Lito SAS ya que la empresa cuenta con trabajadores que realizan actividades relacionadas con el manejo de residuos peligrosos y el mantenimiento de equipos y maquinarias.

Estas normas y leyes afectan directamente la investigación ya que es necesario que el plan de mantenimiento planificado propuesto cumpla con los estándares y requisitos establecidos en estas normativas. Por lo tanto, durante el desarrollo del plan de mantenimiento, se deberá tener en cuenta la legislación vigente y establecer medidas para cumplir con los requisitos establecidos en cada una de las normas y leyes mencionadas. Además, se deberá asegurar que los trabajadores de Lito SAS cuenten con la capacitación y las medidas de seguridad necesarias para realizar sus labores de forma segura y eficiente.

7. METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE ESTUDIO

Para el presente trabajo de grado se eligió un tipo de investigación aplicada enfocada en la solución de problemas prácticos o en la mejora de situaciones específicas. Su objetivo es el estudio de los resultados de la investigación en la resolución de problemas específicos, en el desarrollo del mantenimiento planificado en Lito SAS.

Este tipo de investigación tiene como objetivo desarrollar una solución práctica al problema, y toma de decisiones en el mundo real, y su resultado puede ser la implementación de una solución práctica en el entorno en el que se realiza la investigación.

7.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta la información obtenida en el desarrollo de esta investigación y los criterios se eligió el método de investigación mixto, que combina elementos de investigación cuantitativa y cualitativa. Por consiguiente, se utilizará La investigación cuantitativa para recopilar datos sobre el desempeño del mantenimiento de Lito SAS antes y después de la implementación del mantenimiento planificado y la investigación cualitativa, por otro lado, se utilizó para recopilar información no numérica y no medible, como las opiniones y percepciones de los empleados, los gerentes y los clientes sobre la implementación del mantenimiento planificado.

La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permitió obtener una visión completa y profunda de la implementación del mantenimiento planificado en Lito

SAS, llegando a la conclusión más precisa y recomendable para la toma de decisiones.

7.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

Las fuentes primarias de la presente investigación serán las entrevistas con los empleados y gerentes de LITO SAS, así como la observación directa de los procesos de mantenimiento existentes en la empresa. Se realizará un muestreo intencional para seleccionar a los participantes más relevantes.

Las fuentes secundarias incluirán estudios y documentos relacionados con la industria de mantenimiento planificado. Consta de una revisión de los documentos disponible para obtener información relevante y actualizada.

Para el estudio de la información, se utilizó el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, que permitirá interpretar la información recopilada y así poder tomar decisiones informadas sobre el diseño del mantenimiento planificado.

8. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE LITO SAS, MEDIANTE LA IDENTIFICACION DE FALLAS RECURRENTES Y EL ANALISIS DE LOS REGISTROS DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se presenta la forma de la ejecución del mantenimiento que se llevaba a cabo en Lito SAS. Durante este proceso, Se tenía un cronograma que únicamente contemplaba los mantenimientos correctivos, dejando de lado los preventivos. Este enfoque genero los problemas que se presentaban en el área de mantenimiento, tal y como se detectó en el análisis de los registros de información en Lito SAS, que se encuentra adjunto en el registro del plan de mantenimiento en los Anexos (1.1 a 1.5).

En Lito SAS, se reconoce la importancia de evaluar las soluciones propuestas antes de su implementación total en la empresa. Para abordar los problemas identificados en el sector de mantenimiento, se ha decidido desarrollar un plan piloto. Antes de su implementación total en la empresa. Para entender mejor cómo estaba siendo afectada el área de mantenimiento, se realizar una encuesta a los encargados del sector. Para abordar los problemas específicos y se recolectarán datos relevantes para evaluar la eficacia de la solución propuesta durante el plan piloto. A partir de los resultados obtenidos, se podrán hacer ajustes y mejoras a la solución antes de su implementación total en la empresa a continuación se presenta el diseño de la encuesta referida anteriormente.

8.1 DISEÑO DE ENCUESTA

Se realizó una encuesta para diagnosticar el estado actual de Lito SAS enfocada en los problemas identificados, la falta de personal, la falta de control en el mantenimiento, Por otro lado, el objetivo es abordar las dificultades que está presentando el área de mantenimiento. Con la intención de reducir la cantidad de mantenimiento correctivo y minimizar el impacto de las paradas no planificadas en la producción y así las pérdidas económicas.

A continuación se presenta el diseño de la encuesta en la cual se observan las preguntas realizadas al personal de Lito SAS a través de la Tabla 1.

Tabla 1 Diseño de la encuesta

Mantenimiento LITO SAS

Este formulario contiene preguntas claves para diagnosticar el estado actual del mantenimiento industrial que esta llevando acabo **LITO SAS**

Nombre Completo *

Texto de respuesta corta

Ocupacion *

Administrativo

Operario

Mantenimiento

Supervisor


Conductor

Sabe usted cual es la diferencia entre el mantenimiento preventivo y correctivo ? *

Si

No

Si su respuesta fue **NO** , por favor ver el video para tener el conocimiento



Cual es el estado actual del mantenimiento realizado ? *

Correctivo

Preventivo

Cuales cree usted que son las causas por la cual no se esta llevando a cabo un plan de mantenimiento *

Falta de personal de mantenimiento

No contar con muchos proveedores

Falta de control en el mantenimiento

Por culpa de los operarios

Falta de consciencia en el mantenimiento de la maquinaria

Que consecuencias estan teniendo por causa del mantenimiento ? *

Fuente: Autoría propia

8.2 RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE DATOS

Para llevar a cabo el proceso de análisis de datos, se realizó una serie de entrevistas al personal de Lito SAS con el fin de conocer sus percepciones acerca del funcionamiento de la organización. A continuación, se presenta en la Tabla 2 los nombres y ocupaciones del personal entrevistado, se pueden observar un total de 20 trabajadores de distintas áreas, desde supervisores y operarios hasta personal administrativo y de mantenimiento.

Tabla 2 Datos del personal encuestado

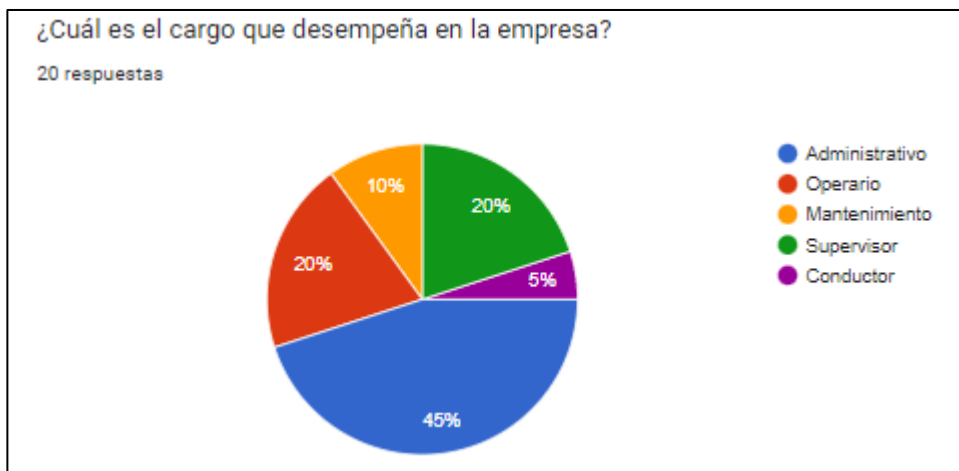
NOMBRE COMPLETO	OCUPACIÓN
JUAN CARLOS RIASCOS URBANO	SUPERVISOR
BRAYAN STIVEN TROCHEZ MOLINA	SUPERVISOR
ROBINZON CARDENAS ZAPATA	SUPERVISOR
EDINSON OCORO ARROYO	SUPERVISOR
PEDRO TIBURCIO MOSQUERA LARGACHA	MANTENIMIENTO
CARLOS MARIO PALACIOS QUINTO	MANTENIMIENTO
MARILYN CAMPOS DUQUE	ADMINISTRATIVO
BRIGGITT MARCELA TABARES ERAZO	ADMINISTRATIVO
ANA LUCIA DOMINGUEZ VIVAS	ADMINISTRATIVO
JUAN DAVID CARVAJAL ALZATE	ADMINISTRATIVO
DANIELA VERA DIAZ	ADMINISTRATIVO
WINDY RODRIGUEZ BERMUDEZ	ADMINISTRATIVO
DANIELA MOLINA MARIN	ADMINISTRATIVO
JUAN JOSE CARDENAS CARVAJAL	CONDUCTOR
ANDRES FELIPE GORDILLO MEJIA	OPERARIO
CRISTIAN CUENCA UMIRE	OPERARIO
JUAN DAVID CRESPO CARRILLO	ADMINISTRATIVO
HENRY PAYAN OVIEDO	OPERARIO
GERARDO BANGUERA SAA	OPERARIO
CARLOS ANDRÉS PORTILLA SANABRIA	ADMINISTRATIVO

Fuente: Autoría propia

A continuación, se muestra gráficamente las preguntas realizadas en la encuesta, sus respuestas y análisis.

Continuando con la recopilación y análisis de datos, se presenta de forma gráfica todas las preguntas realizadas en la encuesta con su respectiva respuesta de forma global.

Figura 3 Pregunta N°1



Fuente: Autoría propia

En consecuencia con la pregunta anterior ¿Cuál es el cargo que desempeña en la empresa? De la figura 3 Se observó que el porcentaje con más participación en la encuesta, fue el área administrativa con un 45% y por el contrario las áreas con menos participación son el área de mantenimiento y conducción.

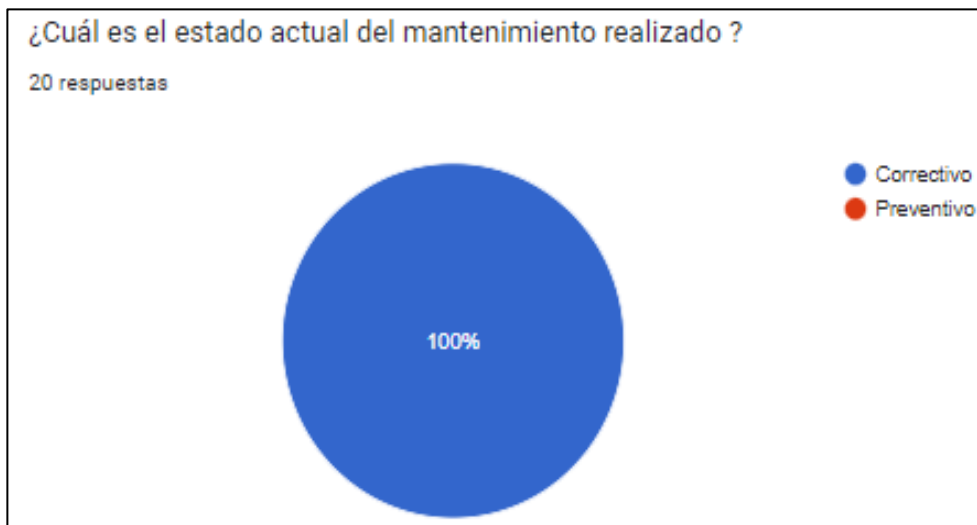
Figura 4 Pregunta N°2



Fuente: Autoría propia

En consecuencia con la pregunta anterior ¿Sabe usted cuál es la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo? De la figura 4 Se evidencio que el 50 % de los encuestados no tiene conocimiento de la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo.

Figura 5 Pregunta N°3



Fuente: Autoría propia

En consecuencia con la pregunta anterior ¿Cual es el estado actual del mantenimiento realizado? De la figura 5 Con una respuesta del 100% se obsevo que solo se esta llevando acabo un mantenimiento correctivo.

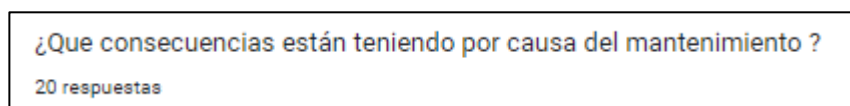
Figura 6 Pregunta N°4



Fuente: Autoría propia

En consecuencia con la pregunta anterior ¿Cuáles cree usted que son las causas por las cuales no se está llevando a cabo un plan de mantenimiento? De la figura 6 se observó que el porcentaje más alto con un 19 (95%) manifiesta que la causa principal por la cual no se está llevando a cabo un plan de mantenimiento se genera por la falta de conciencia.

Figura 7 Pregunta N°5



Fuente: Autoría propia

Continuando con la pregunta anterior ¿Qué consecuencias están teniendo por causas del mantenimiento? De la figura 7 se sugiere ver los resultados a continuación en la Tabla 3 Y Tabla 4 en donde se dividen la evaluación en dos partes los primero 10 participantes y los 10 siguientes.

Tabla 3 Parte I del personal encuestado.

N°	Nombre	Ocupación	Respuesta
1	Juan Carlos Riascos Urbano	Supervisor	Las paradas que tengo en el área por culpa de las montacargas ya que todas están malas.
2	Brayan Steven Trochez Molina	Supervisor	Las maquinas tiene muchas paradas , porque no se le está realizando mantenimiento preventivo solo se espera a que se dañe para arreglarlo
3	Robinson Cárdenas Zapata	Supervisor	No puedo cumplir con mis indicadores de producción, porque las maquinas tiene varias paradas o se demoran mucho en realizar un arreglo a la máquina.
4	Edinson Ocoro Arroyo	Supervisor	No se está llevando a cabo una programación estable y fácil de entender.
5	Pedro Tiburcio Mosquera Largacha	Mantenimiento	Solo somos dos en el área de mantenimiento y no damos abasto para todos los mantenimientos correctivos que tenemos que realizar.
6	Carlos Mario Palacios Quinto	Mantenimiento	Solo somos dos en el área de mantenimiento y se trabaja doble.
7	Marilyn Campos Duque	Administrativo	Al no contar con las montacargas buenas se retrasan los cargues y los descargues de la empresa ocasionando que tenga retrasos.
8	Briggitt Marcela Tabares Erazo	Administrativo	Se presentan muchos casos de SST por parte de la seguridad de los operarios ya que ellos manifiestan deterioro de partes de las maquinas
9	Ana Lucia Domínguez Vivas	Administrativo	Por la parte ambiental no se cuenta con una trazabilidad para poder sacar información del seguimiento de la huella de carbono.
10	Juan David Carvajal Álzate	Administrativo	Se reconoce por los altos costo logístico por la pérdida de tiempo en procesar un material, se necesita un plan de mantenimiento planificado.

Fuente: Autoría propia

Personal encuestado parte II

Tabla 4 Parte II del personal encuestado.

N°	Nombre	Ocupación	Respuesta
11	Daniela vera días	Administrativo	Se me retrasa las recolectas por que los vehículos propios no están buenos en su totalidad, generando molestia en los clientes por los altos tiempos de espera.
12	Wendy rodríguez Bermúdez	Administrativo	Los clientes realizan auditorias y no se generan muchos requerimientos por no contar con la trazabilidad requerida para demostrar que se está llevando a cabo un plan de mantenimiento.
13	Daniela molina Marín	Administrativo	Se dificulta poder contar con los vehículos propios porque normalmente siempre están malos o tiene fallas por que no se le realiza mantenimiento preventivo solo espera a que se dañe.
14	Juan José Cárdenas Carvajal	Conductor	No se cuenta con un buen proveedor el cual le realice todos los mantenimientos requeridos, no se lleva un seguimiento.
15	Andrés Felipe Gordillo Mejía	Operario	En la empresa solo se tiene que dañar algo para que lo arregles, uno les indica que se va a dañar algo si no se le cambia alguna pieza pero no les importa
16	Cristian Cuenca Umire	Operario	Antes de iniciar a prender la maquina se realiza una lista de chequeo pero no se le realiza algún tipo de seguimiento.
17	Juan David Crespo Carrillo	Administrativo	La empresa tiene muchas paradas las cuales retrasa la producción, los clientes les toca esperar mucho tiempo porque las montacargas o los vehículos están parados.
18	Henry Payan Oviedo	Operario	No se tiene un control del mantenimiento realizado ,por qué se daña una maquina lo cambian de lugar y lo rotan
19	Gerardo Bonguera Saa	Operario	Yo soy operario pero a veces me toca realizar funciones de las personas de mantenimiento y me toca dejar mi área ocasionando una pérdida de producción en mi área.
20	Carlos Andrés Portilla Sanabria	Administrativo	se nota la falta de control de los mantenimientos realizados y dejando dañar las máquinas para así mismo poder arreglarlas evitando mantenimientos correctivos para disminuir costos a largo plazo

Fuente: Autoría propia

En base a la información anterior en la tabla 3 y tabla 4 se observó que todo el personal encuestado coincide en que la empresa necesita estructurar mejor el área de manteniendo, a través de estrategias y personal capacitado, por otro lado también se menciona la falta de mantenimiento preventivo en los vehículos y maquinaria de la empresa.

8.3 PRESENTACION DE RESULTADOS

Como se menciona anteriormente en la recopilación y análisis de datos se dedujo que los problemas que afectan la eficacia del proceso de mantenimiento en Lito SAS. Son la falta de personal dedicado a este campo y la falta de supervisión adecuada en los procedimientos. La consecuencia más evidente de esta situación se manifiesta en el aumento en las paradas inesperadas de las máquinas, lo que tiene un impacto directo en la producción.

8.4 ¿LOS CINCO POR QUÉ?

Dado que Lito SAS presenta altos costos de mantenimiento y bajo índice de producción como se puede evidenciar en la encuesta y en el reporte de mantenimiento.

Se procede a utilizar la herramienta (ACR) herramienta utilizada para identificar las causas de un problema. Comúnmente es aplicada en la gestión de calidad, la gestión de proyectos, la ingeniería, la gestión ambiental, la seguridad en el trabajo y otros campos relacionados como el mantenimiento.

De acuerdo con lo mencionado cabe resaltar que las metodologías para el análisis de fallos al ser analizadas e implementadas de una correcta manera son de esencial importancia para la correcta determinación del origen de las causas que llevan a un activo al fallo y en consecuencia una correcta intervención de parte de los técnicos de mantenimiento, ya que de no ser este el caso existe la probabilidad de actuar en los síntomas de fallos mientras el causante original de la avería sigue presente en el activo, esto puede llevar a la generación de mayores fallos, tiempos prolongados en mantenimiento y un aumento considerable de costos. Ante Satizábal, L. E. (2021) como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 Los cinco por qué?

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Conclusión
Altos índices de paradas no planificadas	¿Por qué hay baja producción?	¿Por qué se realizan paradas de mantenimiento o no programadas?	¿Por qué se está realizando un mantenimiento o correctivo?	¿Por qué se espera a que la máquina se dañe?	¿Por qué se realiza un mantenimiento o preventivo?	Lito SAS requiere de un plan piloto de un de mantenimiento o planificado.
	Por qué se realizan paradas de mantenimiento o no programadas?	Por qué se está realizando un mantenimiento o correctivo.	Por qué se espera a que la máquina se dañe.	Por qué no se realiza un mantenimiento o preventivo.	Por qué no se cuenta con un sistema de mantenimiento o planificado.	

Fuente: Autoría propia

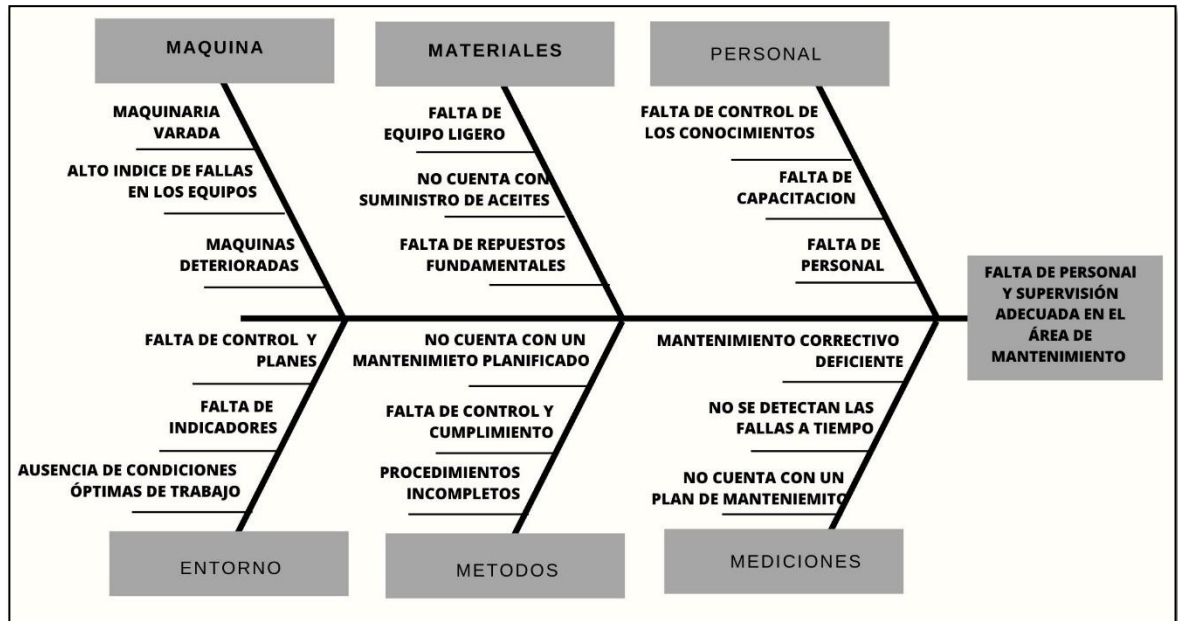
8.5 ANALISIS FINAL

Según la información obtenida a través de la encuesta y el reporte de mantenimiento se determinó que hay una falta de personal de mantenimiento y una falta de control, lo que lleva a la necesidad de hacer mantenimiento correctivo en lugar de preventivo. Las consecuencias de esto son paradas inesperadas en las máquinas, lo que afecta la producción y genera pérdidas económicas. También hay retrasos logísticos debido a la falta de montacargas en buen estado, lo que afecta los procesos de carga y descarga. Además, se presentan casos de SST por parte de los operarios debido al deterioro de las máquinas. En algunos casos, también se ven afectados los tiempos de entrega y el servicio al cliente debido a problemas con los vehículos de recolección.

Para resolver estos problemas, se sugiere llevar a cabo un plan de mantenimiento planificado y una programación estable y fácil de entender. También es necesario aumentar la cantidad de personal de mantenimiento y contar con más proveedores. Además, es importante aumentar la conciencia en el mantenimiento de la

maquinaria tanto entre los operarios como entre el personal administrativo para evitar problemas de SST y de producción para comprender mejor la información mencionada anteriormente se presenta a continuación un diagrama de Ishikawa del diagnóstico en la Figura 8.

Figura 8 Diagrama Ishikawa análisis del diagnóstico



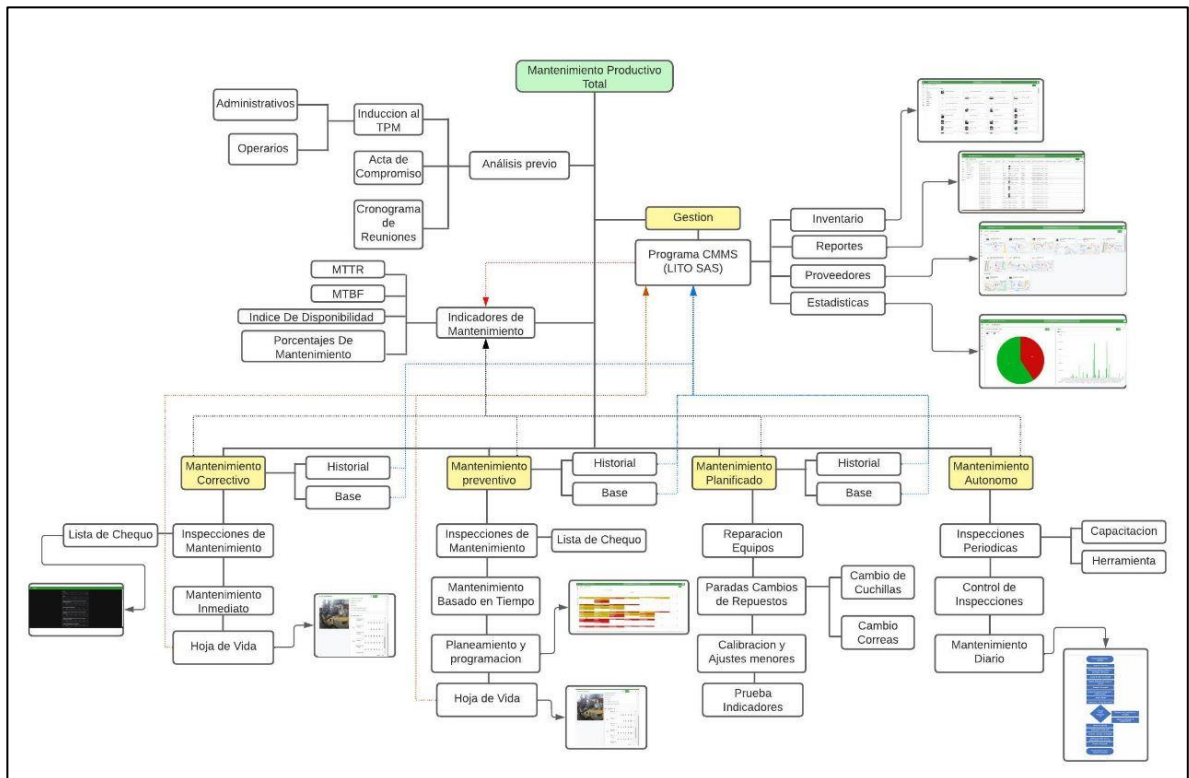
Fuente: Autoría propia

9. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO

9.1 ESQUEMA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

El inicio de un Plan piloto comienza con la presentación del mantenimiento basado en TPM en un nivel macro, mediante la utilización de un mapa conceptual como se muestra en la figura 9.

Figura 9 Diagrama del funcionamiento del TPM

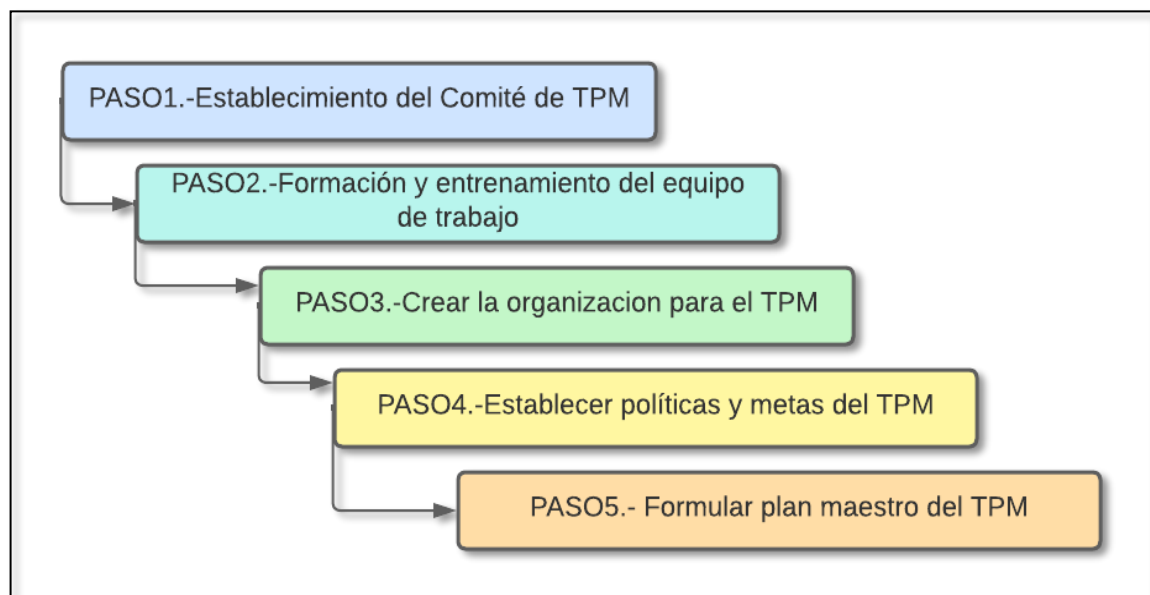


Fuente: Autoría propia

9.1.1 Los 5 pasos de la implementación del Plan de Mantenimiento del TPM

La implementación del TPM a nivel mundial se desarrolla en doce pasos. Sin embargo, para nuestro plan piloto se requiere implementar los primeros cinco pasos en los cuales se contempla el uso de los ocho pilares del TPM como se indica en la figura 10.

Figura 10 Los cinco pasos en el desarrollo de la implementación del TPM



Fuente: Autoría propia

Observación:

En la implementación del TPM, se recomienda utilizar los ocho pilares para industrias de gran tamaño, mientras que en empresas medianas o pequeñas se puede implementar la versión de cinco pilares. En el caso de LITO SAS, una mediana empresa, se llevó a cabo un plan piloto que incluye la implementación de los ocho pilares del TPM. Esta iniciativa demuestra el compromiso de LITO SAS con la innovación y la mejora continua de sus procesos, con el objetivo de aumentar su competitividad en el mercado.

9.1.1.1 Paso 1 Establecimiento del equipo de TPM

Se informa a la Alta Dirección la implementación de un plan piloto de mantenimiento planificado basado en el TPM en Lito SAS Esta iniciativa tiene como objetivo mejorar los procesos productivos y promover una cultura de mejora continua en toda la organización y se e lleva cabo un registro de asistencia como se muestra a continuación el formato de asistencia en el anexo 2.

Para observar con mayor claridad se presenta el formato del acta de compromiso en la cual se puede observar los acuerdos estipulados para realizar la capacitación en el anexo 3.

9.1.1.2 Paso 2 Entrenamiento y Formación

La capacitación en la filosofía del TPM es crucial para lograr una implementación exitosa de esta metodología de mejora continua. Los operarios y ejecutivos deben comprender la importancia de su rol en el proceso de mantenimiento productivo total y cómo sus acciones pueden influir en el éxito general del programa. A través de la capacitación, se pueden proporcionar las habilidades y herramientas necesarias para implementar y mantener un sistema TPM efectivo. Esto ayuda a LITO SAS a mejorar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad de sus procesos y servicios.

Se diseñó un cronograma de capacitación para los operarios y ejecutivos sobre la filosofía del TPM como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6 Cronograma de mantenimiento

Cronograma De Entrenamiento Mantenimiento			
Curso Fundamental	Responsable	Duración	Descripción
Introducción al TPM	Analista de Operaciones	2 horas	Capacitación teórica que introduce la filosofía del TPM y sus principios fundamentales, incluyendo la historia, los objetivos y los beneficios. También se aborda la cultura de la mejora continua y la importancia del compromiso de la alta dirección.
Aplicación del TPM en la gestión de mantenimiento	Analista de Operaciones	2 horas	Capacitación práctica que se enfoca en la aplicación del TPM en la gestión de mantenimiento, incluyendo la metodología de los 8 pilares, la identificación y eliminación de pérdidas, el análisis de la efectividad global del equipo y la creación de planes de mantenimiento autónomo.
Desarrollo de equipos autónomos	Analista de Operaciones	2 horas	Capacitación práctica que se enfoca en el desarrollo de equipos autónomos, incluyendo la formación de equipos de trabajo, la implementación de sistemas de sugerencias, la estandarización de procesos y la gestión de la calidad. También se aborda la importancia de la seguridad y el medio ambiente en el TPM.
Liderazgo en el TPM	Analista de Operaciones	2 horas	Capacitación teórica y práctico que se enfoca en el liderazgo en el TPM, incluyendo la creación de una visión compartida, la identificación y gestión de los cambios, la motivación y el desarrollo del personal, y la gestión de conflictos. También se aborda la importancia de la comunicación y la retroalimentación.

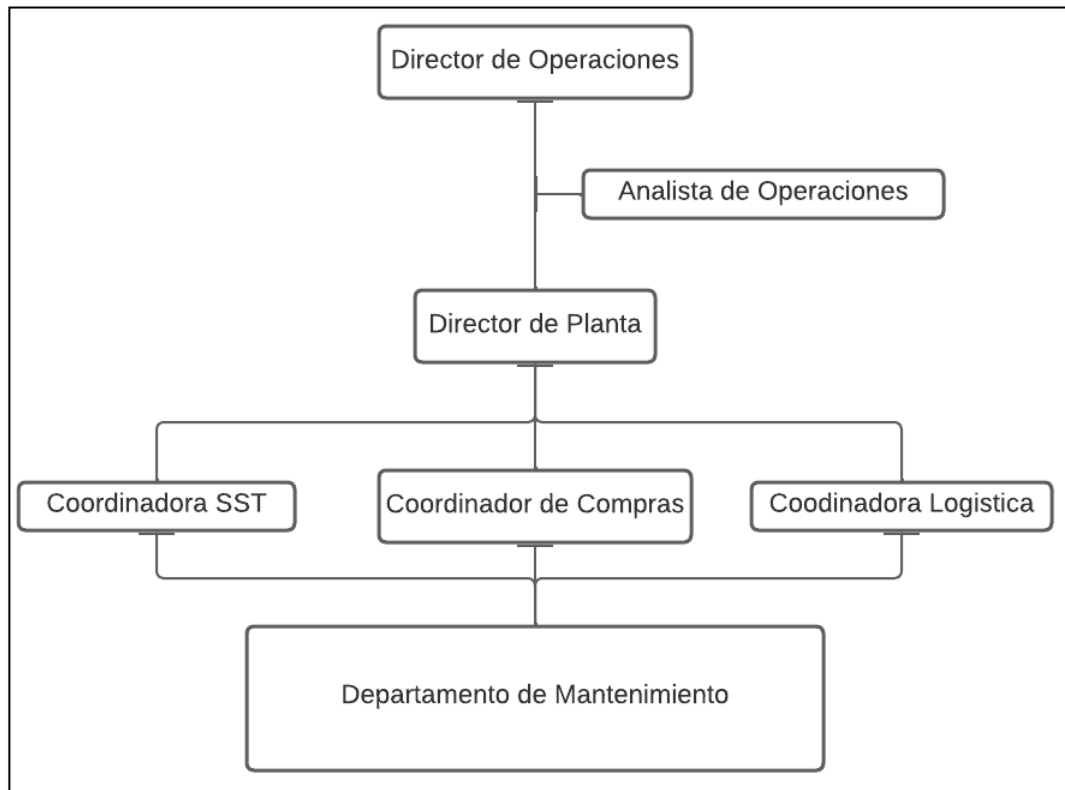
Fuente: Lito SAS

Este cronograma de entrenamiento lo dirige el analista de operaciones en lo cual se desarrolló en fases. La primera fase se presentó cada uno de los integrantes, la segunda fase se realizó dando la capacitación teórico práctico sobre la filosofía del TPM y por último la tercera fase se realizó una serie de preguntas claves para determinar el nivel de conocimiento sobre el TPM como Se presenta el formato Minuta de asistencia con mayor claridad en el anexo 4.

9.1.1.3 Paso 3 Creación de la organización para el TPM

Se creó un comité encargado de coordinar y promover el desarrollo del TPM en la organización, el cual contó con el respaldo de la alta dirección y se ubicó como un equipo de staff o apoyo. Este comité fue crucial para asegurar el éxito de la implementación del TPM y garantizó la participación y colaboración de todos los departamentos involucrados como se indica en la Figura 11

Figura 11 Organigrama Lito SAS



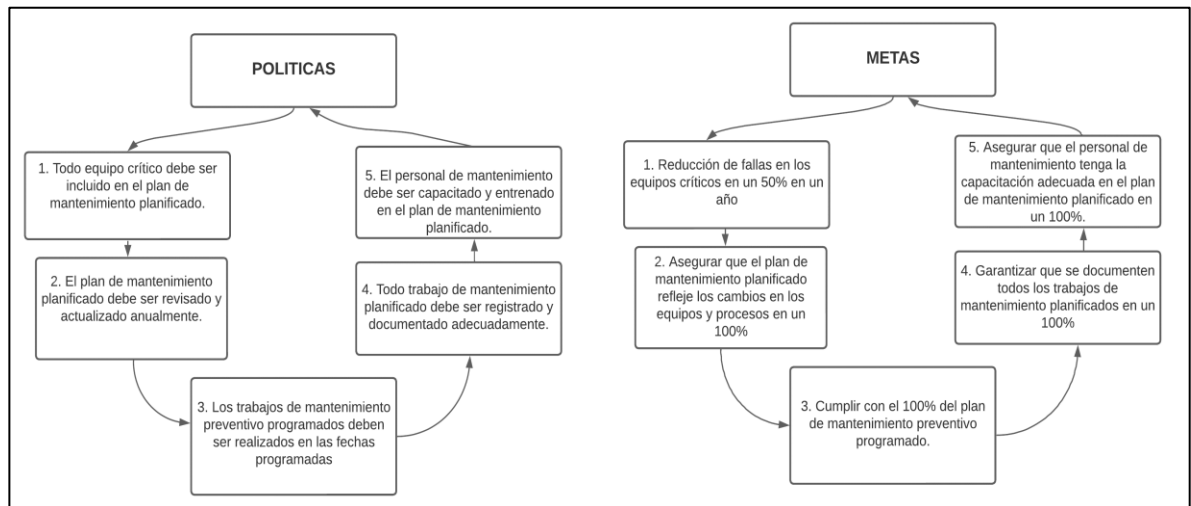
Fuente: Autoría propia

El organigrama del comité encargado de coordinar y promover el desarrollo del TPM, tiene una estructura jerárquica en forma de pirámide donde la base es el departamento de mantenimiento y está interconectado con otros departamentos como compras, logística y SST. El liderazgo del equipo es el director de la sede y cuenta con el respaldo del analista de operaciones quien se encarga de realizar informes que son revisados por el director de operaciones. Es importante que exista una buena comunicación entre los distintos departamentos para lograr una mejora continua en la empresa.

9.1.1.4 Paso 4 Establecer Políticas y Metas del TPM

Se estableció políticas y metas del plan piloto de mantenimiento planificado basado en el TPM como se indica en la Figura 12.

Figura 12 Políticas y metas del TPM



Fuente: Autoría propia

9.1.1.5 Paso 5 Formulación Plan Maestro del TPM

9.1.2 Estructura de un sistema de seguimiento y control del plan de mantenimiento basado en TPM

Con el estado actual del área de mantenimiento de Lito SAS y con el diagnóstico realizado , se llevó a cabo la creación de una estructura de un sistema con el cual se puede hacer control y seguimiento a todas las actividades de mantenimiento que realiza Lito SAS como por ejemplo los mantenimientos correctivos , preventivos y generales; basándonos en la herramienta mantenimiento productivo total (TPM) que tiene como objetivo el minimizar los costos de las actividades del mantenimiento correctivo y preventivo de las maquinarias y equipos de la planta de producción consiguiendo con ellos aumentar el margen de utilidad y rentabilidad de la empresa. Cacuango Maji, M. E. (2021). *Diseñar una estrategia basada en la Metodología TPM para reducir costos de mantenimiento correctivo y preventivo en la Empresa Dulcenac SA* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).

A continuación se expone una lista con los 8 pilares del mantenimiento productivo total (TPM) y su correspondiente descripción. En la Tabla 7.

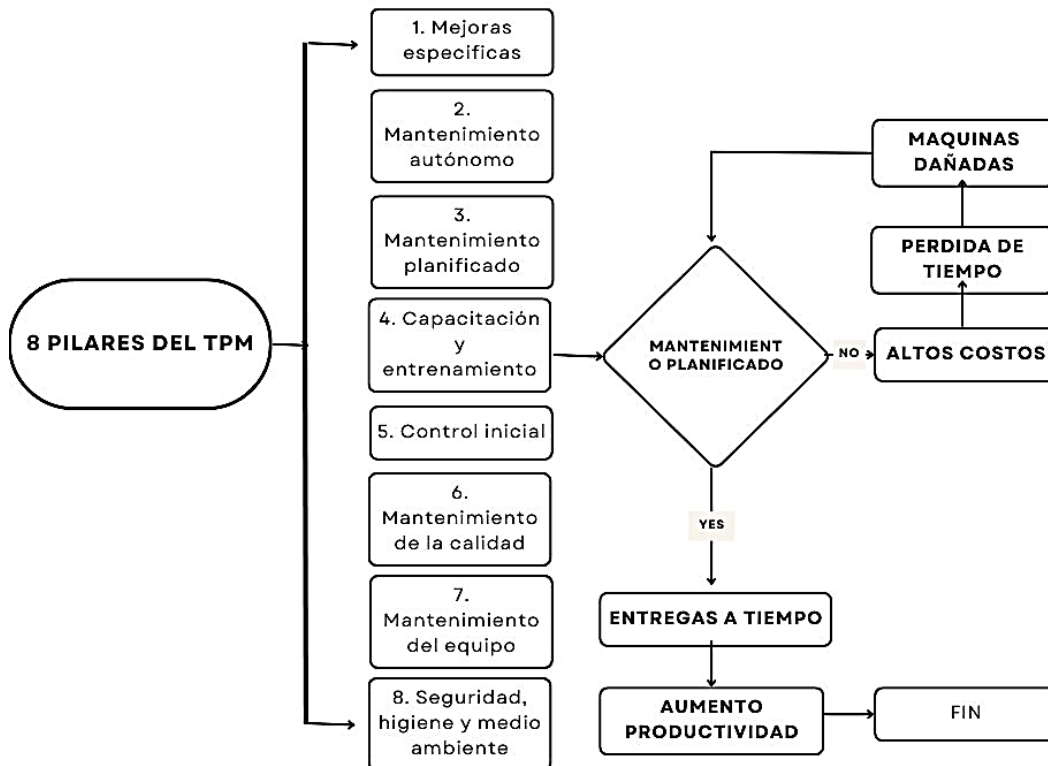
Tabla 7 Lista de los ocho pilares del TPM

Pilar del TPM	Explicación
1. Mejoras específicas	Busca mejorar la eficiencia de los equipos y procesos productivos mediante la identificación y eliminación de las principales causas de pérdida de eficiencia.
2. Mantenimiento autónomo	Busca que los operarios realicen labores de mantenimiento preventivo en sus propias áreas de trabajo, con el objetivo de reducir las paradas no planificadas y mejorar la disponibilidad de los equipos.
3. Mantenimiento planificado	Busca desarrollar un plan de mantenimiento planificado, basado en el análisis de la criticidad de los equipos y procesos, con el objetivo de reducir las paradas no planificadas y mejorar la disponibilidad de los equipos.
4. Capacitación y entrenamiento	Busca capacitar a los operarios en habilidades técnicas y de gestión, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los equipos y procesos, y fomentar la participación activa de los trabajadores en el proceso de mejora continua.
5. Control inicial	Busca establecer estándares de calidad y eficiencia para los equipos y procesos, con el objetivo de reducir las variaciones y mejorar la calidad del producto o servicio final.
6. Mantenimiento de la calidad	Busca mantener y mejorar la calidad del producto o servicio final mediante el desarrollo de herramientas y técnicas de control de calidad.
7. Mantenimiento del equipo	Busca mantener y mejorar la eficiencia y disponibilidad de los equipos mediante el uso de herramientas y técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo.
8. Seguridad, higiene y medio ambiente	Busca mejorar la seguridad, la higiene y el cuidado del medio ambiente en el lugar de trabajo mediante el desarrollo de políticas y prácticas de seguridad y medio ambiente.

Fuente: Autoría propia.

En consecuencia con la información presentada se presenta de forma más evidente los 8 pilares del (TPM) a través de un diagrama de flujo que permite analizar el proceso las entradas y las salidas como se indica en la Figura 13.

Figura 13 Los 8 pilares de TPM



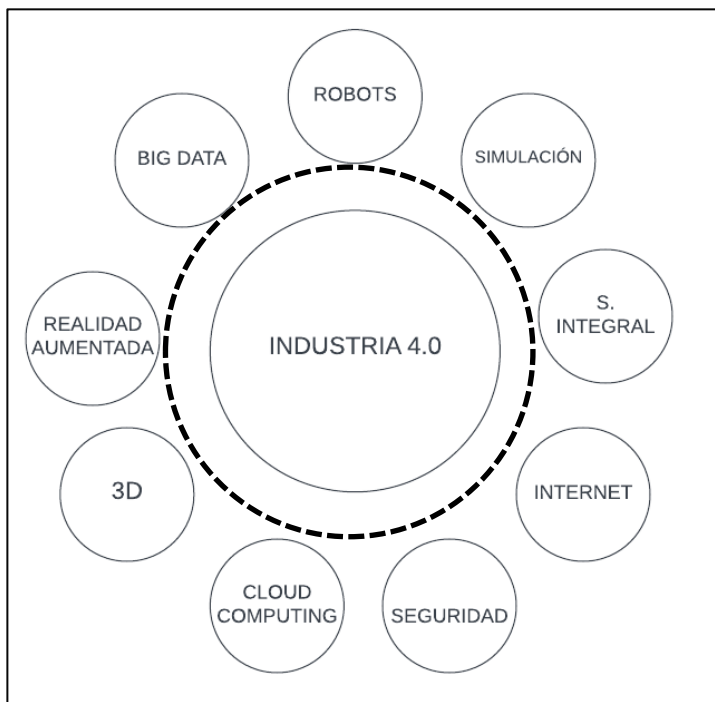
Fuente: Autoría propia

Estos 8 pilares son esenciales para el buen manejo en el área de mantenimiento. Cada uno de estos pilares representa un aspecto crítico de la gestión del mantenimiento y la mejora continua. La importancia de los 8 pilares del TPM radica en que, cuando se implementan de manera efectiva, permiten a una empresa alcanzar niveles más altos de eficiencia, calidad, seguridad, productividad y rentabilidad. Además, el TPM fomenta una cultura de trabajo en equipo y colaboración, donde todos los empleados están comprometidos con la mejora continua.

Lito SAS está en una transición para llevar todos sus procesos a la industria 4.0, que se describe la digitalización de los sistemas y de los procesos industriales, y su interconexión mediante el Internet de las Cosas y el Internet de los Servicios, para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. Está compuesta de tecnologías avanzadas, por lo que las soluciones son flexibles, inteligentes y totalmente autónomas, Roza-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-191.

En ciclo específico de la industria 4.0 se observa las piezas fundamentales que componen este sistema de digitalización como se indica en la Figura 14.

Figura 14 Industria 4.0



Fuente: Autoría propia.

La transición de Lito SAS llevó a la búsqueda e investigación de una herramienta práctica para poder diseñar un sistema que cumpla los pilares del mantenimiento

productivo total (TPM) llevando un control y seguimiento, Durante la búsqueda e investigación de módulos o software de mantenimiento, encontramos varios ejemplos como SAP PM, IBM Máximo, CMMS, entre otros. Sin embargo, nos dimos cuenta de que muchos de estos módulos tenían un costo muy elevado para Lito SAS, lo que era un problema.

Se investigó alternativas para desarrollar una solución y llevar a cabo las actividades esenciales de mantenimiento en lito SAS, como resultado se obtuvo la plataforma AppSheet, la cual es una herramienta que permite crear aplicaciones personalizadas sin necesidad de tener conocimientos en programación, utilizando una interfaz gráfica para la creación de aplicaciones. Con esta herramienta, se diseñó la aplicación de mantenimiento, donde se da cumplimiento a los 8 pilares del TPM, adaptándose a las necesidades específicas del área de mantenimiento en Lito SAS. A continuación se puede encontrar el logo de la compañía AppSheet como se indica en la Figura 15.

Figura 15 Logotipo corporativo de AppSheet



Fuente: Nube google

El aplicativo creado, llamado Mantenimiento Lito SAS 2.0, cumple con los 8 pilares del TPM y se adapta perfectamente a las necesidades de la empresa, ya que fue diseñado específicamente para cubrir las necesidades de la gestión de mantenimiento. Además, al utilizar la plataforma de desarrollo AppSheet, se logró

reducir significativamente los costos de desarrollo y mantenimiento, permitiendo que el aplicativo pueda ser utilizado de forma gratuita para Lito SAS. Con esta solución, se garantiza una gestión de mantenimiento industrial efectivo y eficiente, sin incurrir en costos innecesarios.

A continuación, se puede observar en la Figura16 la página inicial del aplicativo mencionado anteriormente en donde se dividen cada uno de los 8 pasos del mantenimiento (TPM):

Figura 16 Captura aplicativo



Fuente: Autoría Lito SAS

9.1.2.1 Desarrollo del primer pilar

9.1.2.1.1 Mejoras específicas del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Utilizando los pilares como piedra angular del (TPM) el diseño de mantenimiento planificado para el cumplimiento del pilar (Mejoras específicas), se realizó una búsqueda para poder dar seguimiento al primer pilar. A través de esta investigación descubrimos las listas de chequeo que son una herramienta útil para asegurar que se cumplan los objetivos y metas planteadas en la planeación estratégica y para mejorar continuamente el proceso (Medina Enrquez y Crespo Rodriguez, 2019). Con base en lo anterior, se inicia la elaboración de una lista de chequeo preoperacional, ya que con esta lista de chequeo se pueden detectar a tiempo los posibles daños a la maquinaria que puedan resultar en paradas no programadas. Los operarios serán los encargados de cumplimentar con las listas de chequeo porque ellos son los que interactúen con la maquinaria a diario, por lo que serán a ellos quienes podrán realizar sugerencias de mejora en la lista de chequeo. La lista de chequeo se desarrolló utilizando las especificaciones de SST y consultas importantes para identificar el mantenimiento correctivo potencial. Debido a que los montacargas y las máquinas tienen diferentes parámetros de monitoreo, en el caso de Lito SAS, se desarrollaron dos listas de chequeo pre operacionales a continuación se muestra una captura de las listas en la figura 17.

Figura 17 Captura lista pre operacional



Fuente: Lito SAS

Se puede observar la vista del aplicativo al desplegar sus dos opciones de listas para montacargas y maquinaria.

9.1.2.1.2 Lista pre operacional para montacargas

El mantenimiento preventivo de montacargas se beneficia enormemente de la información de la Lista de chequeo previa a la operación. Le permite detectar posibles problemas en el equipo y organizar las actualizaciones necesarias para garantizar su funcionamiento seguro y eficaz. Además, el registro del contador de horas le permite monitorear el uso del equipo y programar el mantenimiento preventivo de una manera que aumenta su vida útil y reduce la posibilidad de fallas imprevistas. Los estándares de evaluación de las preguntas se enumeran en las columnas. Los criterios que cumplieron con los requisitos de la revisión sin problema se marcarán en las columnas "Bueno" y "Malo", mientras que la columna "N/A" se utilizará para cualquier criterio que no fuera relevante para la revisión para ver más detalladamente se muestra en el anexo 5.

A continuación, se presenta la página principal de datos requeridos para la lista pre operacional de montacargas en la figura 18.

Figura 18 Captura del aplicativo montacargas

The image shows two identical screenshots of a mobile application interface for recording forklift data. The interface is dark-themed with a green header bar. The fields and buttons are as follows:

- FECHA:** Input field containing "04/04/2023" with a calendar icon on the right.
- HORA:** Input field containing "03:22:17 p. m." with a clock icon on the right.
- SEDE:** Input field containing "Cali".
- OPERARIO:** A dropdown menu that is currently empty.
- MONTACARGAS:** A grid of six buttons: "Montacargas Hyster", "Montacargas Komatsu", "Montacargas Nissan", "Montacargas Toyota", and "Montacargas Yale".
- HOROMETRO:** An input field containing "0" with minus and plus icons on the right for adjustment.
- Llantas/revestimiento/:** A row of three buttons: "BUENO", "MALO", and "NA".

Fuente: Autoria Lito SAS

9.1.2.1.3 Lista pre operacional para maquinas

Para que las máquinas funcionen de manera segura y efectiva en el lugar de trabajo, es necesaria una lista de chequeo previa a la operación. La lista de chequeo permite a los operadores identificar posibles problemas con el equipo y tomar medidas preventivas para garantizar un funcionamiento adecuado. Además, permite la detección de cualquier problema con las piezas móviles, los sistemas de seguridad como los guardias de seguridad y los extintores de incendios, así como los sistemas eléctricos y mecánicos. Además, la lista de verificación previa a la operación es una

herramienta útil para garantizar que se sigan las políticas y los procedimientos de seguridad en el trabajo, lo que reduce la probabilidad de accidentes y lesiones en el lugar de trabajo.

Los estándares de evaluación de las columnas sirven como criterios de las preguntas. Los criterios que han pasado la revisión sin ningún problema se marcarán en la columna "Bueno", mientras que los que tienen algunos problemas se marcarán en la columna "Malo" y los que no se aplican a la revisión se marcarán en la columna "N/A" se puede ver más detalladamente en el anexo 6.

A continuación se presenta la página principal de datos requeridos para la lista pre operacional de máquinas en la figura 19.

Figura 19 Captura del aplicativo maquinas

The image displays two screenshots of a mobile application interface for machine inspection. The left screenshot shows the data entry form with the following fields and questions:

- FECHA: 04/04/2023
- SEDE: Cali
- OPERARIO: CARLOS ANDRES PORTILLA SANABRIA
- MAQUINA: MOLINO DOBLE 2
- El cableado se encuentra en buen estado, sin rupturas, machacones, cables expuestos, quemaduras? (Bueno, Malo, N/A)
- Las conexiones estan en buen estado? (Bueno, Malo, N/A)
- Los comandos funcionan correctamente? Botones, paradas de emergencia, mandos, etc. (Bueno, Malo, N/A)

The right screenshot shows the following questions:

- Las bandas transportadoras estan en buen estado? (Bueno, Malo, N/A)
- Los rodamientos se encuentran en buen estado? (Bueno, Malo, N/A)
- Los ejes de la máquina se encuentran en buen estado? (Bueno, Malo, N/A)
- Las cadenas/correas se encuentran correctamente instaladas, tensionadas, engrasadas? (Bueno, Malo, N/A)
- Las diferentes piezas móviles se encuentran libres de obstrucciones? (Bueno, Malo, N/A)
- Las mangueras del sistema se encuentran en buen estado, libres de fugas? (Bueno, Malo, N/A)
- Los comandos se encuentran en buen estado? (Bueno, Malo, N/A)

Both screenshots have 'Cancel' and 'Save' buttons at the bottom.

Fuente:Autoria Lito SAS

9.1.2.2 Desarrollo del segundo pilar

9.1.2.2.1 Mantenimiento autónomo Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento de las maquinarias industriales es esencial para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Para ello, se pueden realizar diferentes tipos de mantenimiento, uno de ellos es el mantenimiento autónomo que ha llegado a ser un programa indispensable para eliminar pérdidas y desperdicios en las plantas y maximizar la eficiencia del equipo Cardona Flórez, J. A., & Castaño López, C. A. (2019), que puede ser realizado por el propio operario Para ayudar a los operarios a realizar estas tareas, se ha creado una tabla que detalla el paso a paso para realizar un mantenimiento general a la máquina. Esta tabla les brindará una guía para realizar estas tareas de manera más eficiente y efectiva, ayudando al funcionamiento seguro y confiable de las máquinas. Como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8 Mantenimiento autónomo

Acción	Explicación
1. Apagar la máquina	Asegurarse de que la máquina esté apagada antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento para evitar lesiones o daños a la máquina
2. Limpiar la máquina	Utilizar un paño, escoba o elemento de limpieza para retirar cualquier residuo o polvo que se haya acumulado en la máquina
3. Verificar las guardas	Asegurarse de que las guardas de seguridad estén en su lugar y en buen estado, reemplazar o reparar si es necesario
4. Verificar el cableado y las conexiones eléctricas	Verificar que el cableado y las conexiones eléctricas estén en buen estado y que no haya signos de daño o desgaste.
5. Lubricar los puntos necesarios	Verificar los puntos de lubricación y agregar aceite lubricante si es necesario
6. Verificar el nivel de aceite	Verificar el nivel de aceite en el motor y agregar aceite si es necesario
7. Verificar las bandas y correas	Verificar que las bandas y correas estén en buen estado y que estén tensas
8. Verificar las mangueras	Verificar que las mangueras estén en buen estado y que no haya signos de fugas
9. Verificar los rodamientos	Verificar que los rodamientos estén en buen estado y que no haya signos de desgaste
10. Verificar el sistema de enfriamiento	Verificar que el sistema de enfriamiento esté funcionando correctamente y que el nivel de refrigerante sea adecuado
11. Encender la máquina	Encender la máquina y verificar que todo funcione correctamente

Fuente: Autoría propia.

Es importante recordar que el mantenimiento general no reemplaza el mantenimiento preventivo o el mantenimiento correctivo. El mantenimiento general es una tarea periódica que se realiza para mantener la máquina en buen estado y prevenir problemas futuros para ver con más claridad se presenta el paso a paso a través de un flujograma que se encuentra en el anexo 7.

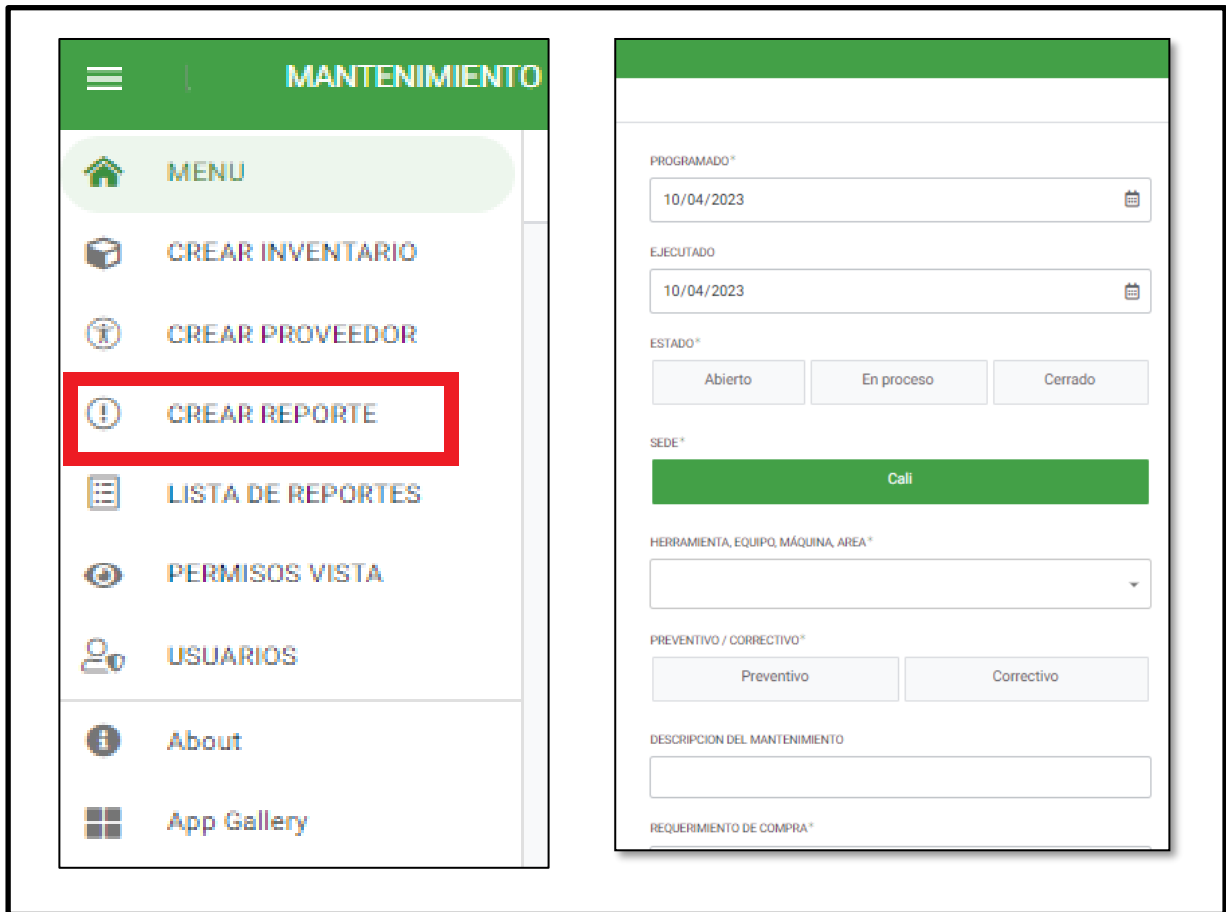
9.1.2.3 Desarrollo del tercer pilar

9.1.2.3.1 Mantenimiento Planificado del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El sistema cuenta con un módulo donde se crea reportes de mantenimiento que siguen las cuatro fases del proceso: Identificar, Planificar, Programar y Ejecutar. Durante la fase de identificación, se recopila la información de las listas de chequeo y del manual de la máquina para diagnosticar el estado actual de la máquina y se compara con registros anteriores para acelerar el análisis. Durante la fase de planificación, determine la carga de trabajo que tiene la máquina, las prioridades, las habilidades requeridas y la secuencia de actividades para maximizar el valor del mantenimiento preventivo y correctivo. La fase de planificación es fundamental para evitar cualquier interrupción operativa de las otras áreas por ejemplo producción, y se informa a todos los usuarios afectados para que se preparen y eviten una parada no planificada. Durante la fase de ejecución se cumple con el cronograma para las tareas de mantenimiento y notificar a todos los grupos implicados en caso de errores o eventos inesperados. Con este sistema de reporte de mantenimiento, aseguramos una gestión eficiente y eficaz como se indica en Los anexos (8 - 9).

A continuación, podemos observar de manera gráfica el seguimiento que se lleva a cabo para realizar un reporte se observa en la figura 22.

Figura 19 Captura menú principal del aplicativo



Fuente: Aatoria Lito SAS

Dando continuidad a la figura 22 se pudo observar a través de un recuadro rojo la opción para ingresar a la ventana de creación del reporte.

El cronograma de mantenimiento es una herramienta muy importante en la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo de Lito SAS, ya que permite tener una visión general del trabajo de mantenimiento programados y en ejecución. Los reportes creados se registran en el cronograma para su seguimiento y control, se muestran en diferentes colores según su estado: rojo para informes abiertos, amarillo para informes en proceso y naranja para informes cerrados.

De esta forma, la visualización del cronograma permite a los encargados de mantenimiento comprender la carga de trabajo y las prioridades, planificar los recursos necesarios y monitorear el desempeño de las tareas de mantenimiento. Además, facilita la toma de decisiones a la hora de reprogramar o ajustar los planes de mantenimiento y permite evaluar el desempeño de los equipos de mantenimiento y proveedores externos en términos de plazos y costos para ver de forma más detallada se adjunta en el anexo 9.

9.1.2.4 Desarrollo del cuarto pilar (capacitaciones y entrenamiento)

9.1.2.4.1 Capacitaciones y entrenamiento del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La estructura del diseño cuenta con un cronograma de capacitación y entrenamiento para el equipo de mantenimiento y operarios. Este cronograma permite que el personal esté siempre actualizado y a la vanguardia en cuanto a las mejores prácticas de mantenimiento industrial. Al mejorar las habilidades y conocimientos del personal, se puede realizar un mantenimiento preventivo y correctivo más eficiente y efectivo, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la productividad. Además, el cronograma de capacitación y entrenamiento promueve una cultura de mejora continua, donde se busca siempre optimizar los procesos y la gestión del mantenimiento.

Podemos observar en la Tabla 9 las actividades en la cual se describe el cronograma.

Tabla 9 Cronograma de capacitación y entrenamiento.

Mes	Actividad	Descripción
Enero	Introducción a mantenimiento industrial	Introducción a los conceptos fundamentales de mantenimiento industrial, las principales técnicas de mantenimiento y las herramientas que se utilizan en el área.
Febrero	Electricidad básica	Fundamentos de electricidad y sus aplicaciones en el mantenimiento de equipos eléctricos.
Marzo	Neumática básica	Principios y conceptos básicos de la neumática, componentes y circuitos neumáticos.
Abril	Hidráulica básica	Principios y conceptos básicos de la hidráulica, componentes y circuitos hidráulicos.
Mayo	Soldadura básica	Principios y técnicas de soldadura utilizadas en el mantenimiento industrial.
Junio	Interpretación de planos	Introducción a la lectura e interpretación de planos mecánicos y eléctricos.
Julio	Mantenimiento preventivo	Técnicas de mantenimiento preventivo y su importancia en la mejora continua de los procesos productivos.
Agosto	Mantenimiento correctivo	Técnicas de mantenimiento correctivo y su importancia en la resolución de averías y fallas en los equipos.
Septiembre	Lubricación industrial	Fundamentos de la lubricación y su importancia en la prolongación de la vida útil de los equipos.
Octubre	Mantenimiento de motores eléctricos	Mantenimiento preventivo y correctivo de motores eléctricos y sus sistemas auxiliares.
Noviembre	Mantenimiento de bombas centrífugas	Mantenimiento preventivo y correctivo de bombas centrífugas y sus sistemas auxiliares.
Diciembre	Evaluación del programa de capacitación	Evaluación del programa de capacitación y definición de los objetivos y actividades para el próximo año.

Fuente: Autoría propia

El cronograma está diseñado para cubrir los aspectos más importantes del mantenimiento industrial y permite capacitar y actualizar cada 15 días a los operadores de mantenimiento en los conceptos y técnicas necesarias para mejorar su desempeño y aumentar la eficiencia de los procesos productivos. Cada actividad del programa tiene como objetivo proporcionar una comprensión profunda de los temas tratados, lo que permite la aplicación efectiva de los conocimientos adquiridos en el campo del mantenimiento industrial

9.1.2.5 Desarrollo del quinto pilar

9.1.2.5.1 Control inicial del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El quinto pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es el Control Inicial, que se enfoca en garantizar que los nuevos equipos se instalen correctamente y funcionen de manera efectiva. Este pilar consta de dos fases principales: la verificación de la instalación y la verificación de la operación. En la primera fase, se establece un flujograma que detalla el proceso estandarizado para la instalación de nuevos equipos. Esto garantiza que todos los equipos se instalen de la misma manera, lo que facilita la capacitación de los operadores y minimiza el riesgo de errores.

En la Tabla 10 se explica los puntos fundamentales para la instalación si se desea ver más detalladamente se encuentra el paso a paso en el anexo 10.

Tabla 10 Actividades fundamentales para la instalación

Actividad	Explicación
Evaluación del sitio	Antes de instalar la máquina, es necesario realizar una evaluación del sitio donde se ubicará, para verificar que cumple con las condiciones necesarias como: suministro eléctrico, ventilación, espacio suficiente, superficie nivelada, etc.
Planificación de la instalación	Se debe crear un plan detallado de la instalación, que incluya la secuencia de tareas, el equipo y herramientas necesarias, el personal encargado de la instalación, el tiempo estimado y los costos asociados.
Preparación del equipo y herramientas	Antes de iniciar la instalación, se deben preparar todas las herramientas y equipos necesarios, incluyendo herramientas manuales, herramientas eléctricas, equipo de protección personal y cualquier otra herramienta especializada requerida.
Desembalaje y preparación de la máquina	Se debe desempacar la máquina y prepararla para la instalación, lo que incluye verificar que todas las piezas estén presentes y en buen estado, limpiarla, lubricarla y hacer cualquier otra preparación necesaria.
Instalación de la máquina	Se debe realizar la instalación siguiendo el plan previamente elaborado, asegurándose de que se sigan todas las especificaciones y recomendaciones del fabricante. Se deben conectar todas las líneas eléctricas, hidráulicas y neumáticas, así como fijar la máquina al suelo o a su soporte.
Pruebas de funcionamiento	Una vez instalada la máquina, se deben realizar pruebas de funcionamiento para verificar que todo esté funcionando correctamente y que no haya fugas o problemas en la instalación. Se deben hacer pruebas de carga y cualquier otra prueba necesaria.
Capacitación y entrenamiento	Es importante que los operadores y técnicos de mantenimiento reciban capacitación y entrenamiento sobre el uso y mantenimiento de la máquina, para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.
Documentación	Finalmente, se deben elaborar los documentos necesarios, como los planos de instalación, manuales de operación y mantenimiento, lista de piezas y cualquier otro documento requerido. También se debe archivar toda la documentación de la instalación para futuras referencias.

Fuente: Autoría propia

En la segunda fase, se llevó a cabo una verificación detallada de la operación de la nueva máquina mediante una lista de chequeo. Se verificó que todos los parámetros estén en línea con las especificaciones del fabricante y se realizan pruebas de funcionamiento para asegurarse de que la máquina esté lista para su uso como se presenta en la tabla 11.

Tabla 11 Verificación de tallada de la operación

Pregunta	Cumple	No Cumple
¿Todas las conexiones eléctricas están firmes y bien conectadas?		
¿Las conexiones neumáticas están firmes y sin fugas de aire?		
¿Todas las protecciones de seguridad están instaladas y funcionando correctamente?		
¿Todas las partes móviles de la máquina se mueven libremente y sin obstrucciones?		
¿Los ajustes de las herramientas, como las cuchillas o las mordazas, están correctamente instalados y apretados?		
¿La máquina está nivelada y estable?		
¿Los controles de la máquina, como los botones y las palancas, funcionan correctamente y están etiquetados correctamente?		
¿El sistema de lubricación está funcionando correctamente y los niveles de lubricante son los adecuados?		
¿Los sensores de la máquina funcionan correctamente y están conectados correctamente?		
¿Se ha realizado una prueba de funcionamiento a baja velocidad y se ha verificado que todas las partes se mueven correctamente?		
¿Se ha realizado una prueba de funcionamiento a velocidad de producción y se ha verificado que la máquina opera a las especificaciones del fabricante?		
¿Los manuales y documentos de la máquina están completos y accesibles?		

Fuente: Autoría propia

Al seguir estas dos fases, se garantiza que los equipos nuevos estén instalados correctamente y estén listos para su uso, lo que minimiza el tiempo de inactividad y los costos de reparación. Además, se promueve la cultura de mejora continua en la organización y se garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones para la producción.

9.1.2.6 Desarrollo del sexto pilar

9.1.2.6.1 Mantenimiento de la calidad del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Para garantizar el mantenimiento de calidad, lito SAS cuenta con un sistema de seguimiento y selección de los proveedores para garantizar un buen mantenimiento, lito SAS realiza estos procedimientos mediante listas de chequeo que son herramientas útiles para evaluar el cumplimiento de los requisitos y estándares de calidad de los proveedores y contratistas. Estas listas permiten a lito SAS asegurarse de que los proveedores y contratistas cumplen con los requisitos legales y de calidad necesarios para garantizar la seguridad y el éxito de los servicios.

La lista de chequeo cuenta con un conjunto de requisitos y estándares que una empresa debe cumplir en relación con la gestión ambiental, la salud y la seguridad en el trabajo, la calidad, la organización y la capacitación del personal, y los planes de emergencia. Cada elemento de la tabla tiene un puntaje asignado, y el total de la tabla es 100%. Los elementos de la tabla incluyen cosas como tener un sistema de gestión ambiental documentado, identificar y evaluar los impactos ambientales significativos, tener un plan de manejo y permisos ambientales, tener un plan de contingencia para derrames, tener un programa de prevención y protección contra caídas, y tener un plan de emergencia y evacuación dentro de las instalaciones, entre otros. Para cada elemento, se debe indicar si se cumple, no se cumple o si no aplica (N/A), y se pueden hacer observaciones para cada elemento si es necesario. Luego se calcula un puntaje total en función de los elementos que se cumplen, y

este puntaje se utiliza para evaluar el desempeño de la empresa en términos de gestión ambiental, salud y seguridad en el trabajo, calidad y organización como se presenta en la lista de chequeo en la tabla 12.

Tabla 12 Lista de chequeo

Clasificación	Requisitos
Requisitos Generales	Sistema de gestión ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, política ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, sistema de gestión de calidad, política de calidad, certificación de afiliación al sistema de seguridad social, reglamento de higiene y seguridad industrial y reglamento interno de trabajo.
Planificación	Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales significativos, identificación de peligros y evaluación de riesgos, identificación y evaluación de requisitos legales, objetivos, metas y programas ambientales y de seguridad y salud en el trabajo.
Medio Ambiente	Licencia ambiental o plan de manejo ambiental, permisos ambientales, plan integral de gestión de residuos, investigación de incidentes y accidentes ambientales, plan de contingencias para derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas, certificado de curso básico aprobado para conductores que transportan mercancía peligrosa y certificación SENA aplicable para trabajadores responsables de la gestión de residuos peligrosos.
Seguridad y Salud en el Trabajo	Evaluaciones médicas, estándares y procedimientos de actividades a realizar, investigación de incidentes y accidentes de trabajo, cronograma de inspecciones y mantenimiento preventivo de equipos y herramientas, plan de saneamiento básico, listado de productos químicos, identificación y disponibilidad de hojas de seguridad, programa de prevención y protección contra caídas, matriz de identificación y necesidad de EPP según actividades a desarrollar, concepto técnico de bomberos, entrega de dotación, plan estratégico de seguridad vial y programas de vigilancia epidemiológica.
Competencias, Inducción y Capacitación de Personal	Programa de inducción y reinducción de la empresa, programa de capacitación y entrenamiento, y capacitación de conductores para transporte de sustancias o residuos peligrosos.
Planes de Emergencias	Plan de emergencia y evacuación dentro de las instalaciones, procedimientos operativos de emergencia, estructura y cronograma de entrenamiento de brigadas, realización de simulacros de emergencia y plan de emergencia y contingencia durante el transporte de mercancías peligrosas.
Organización y Responsabilidades	Organigrama de la empresa, listado de personal con sus cargos y datos de contacto, y funciones y responsabilidades para todos los niveles de la organización
Certificaciones	Certificado de Calidad ISO 9001 versión vigente Certificado de Gestión Ambiental ISO 14001 – versión vigente Certificado de Salud y Seguridad OHSAS 18001 – versión vigente y/o ISO 45001 – versión vigente
Calidad	Cumplimiento de especificaciones técnicas del producto requeridos Calidad del bien o servicio adquirido Tiempos de respuesta y disponibilidad frente a las órdenes de compra enviadas por LITO. Respuesta frente a solicitudes Urgentes y/o de Emergencia y Solución de quejas, atención del vendedor y servicio postventa cuenta con otras certificaciones (laboratorio)

Fuente: Autoría propia

Para la selección del proveedor debe de cumplir una puntuación la cual se explica en el siguiente Tabla 13.

Tabla 13 Estándares y puntuación para la selección del proveedor

Ponderado Por Clasificación	Puntuación
Requisitos Generales	13%
Planificación	13%
Medio Ambiente	13%
Seguridad y Salud en el Trabajo	10%
Competencias, Inducción y Capacitación de Personal	8%
Planes de Emergencias	10%
Organización y Responsabilidades	8%
Certificaciones	10%
Calidad	15%
Total	100%

Fuente: Autoría propia

En consecuencia a lo mencionado se entiende que el proveedor debe de cumplir con una puntuación superior a 70% para estar aprobado, si se encuentra en el rango de (69%-51%) queda aprobado con restricciones y por último si es inferior a 50% no es aprobado por Lito SAS.

9.1.2.7 Desarrollo del séptimo pilar

9.1.2.7.1 Mantenimiento del equipo del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El séptimo pilar del mantenimiento productivo total se centra en la implementación de actividades preventivas y correctivas para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo de producción. Además, este pilar busca mejorar el rendimiento del equipo al identificar y abordar las causas subyacentes de los problemas de mantenimiento.

Para lograr esto, el sistema cuenta con un módulo específico para la creación de reportes de mantenimiento como se mencionó en el pilar de mantenimiento planificado. Estos reportes pueden ser tanto preventivos como correctivos y

contienen información detallada sobre los siguientes parámetros como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14 Parámetros para creación de un reporte

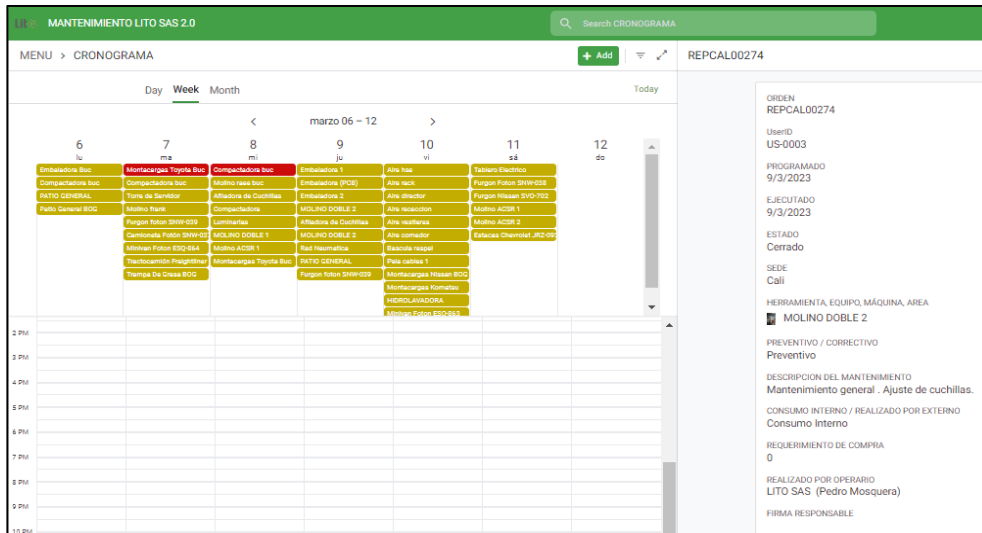
PROGRAMADO
EJECUTADO
ESTADO
SEDE
HERRAMIENTA, EQUIPO, MÁQUINA, AREA
PREVENTIVO / CORRECTIVO
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO
CONSUMO INTERNO / REALIZADO POR EXTERNO
REQUERIMIENTO DE COMPRA
VALOR
Realizado por Operario
Realizado por Externo
SOPORTE
EVIDENCIA 1
EVIDENCIA 2
EVIDENCIA 3
EVIDENCIA 4
FIRMA RESPONSABLE
FIRMA CREADOR
FIRMA AUTORIZADO

Fuente: Autoría propia

Estos reportes nos ayudaran a tener un control y seguimiento en el mantenimiento de los equipos, los reportes quedan registrados de forma digital, Donde todos los reportes creados quedan registrados en cada máquina, creando una hoja de vida donde se puede evidenciar los mantenimientos correctivos y preventivos que se han realizado, con esta hoja de vida podemos tomar decisiones y saber cuáles son los mantenimientos que requiere la máquina y con qué periodicidad se están realizando como se muestras a continuación en la figura 25 -26.

Se presenta de manera grafica la forma en la que el aplicativo despliega su ingreso a la hoja de vida desde el modulo de inventario en la figura 25.

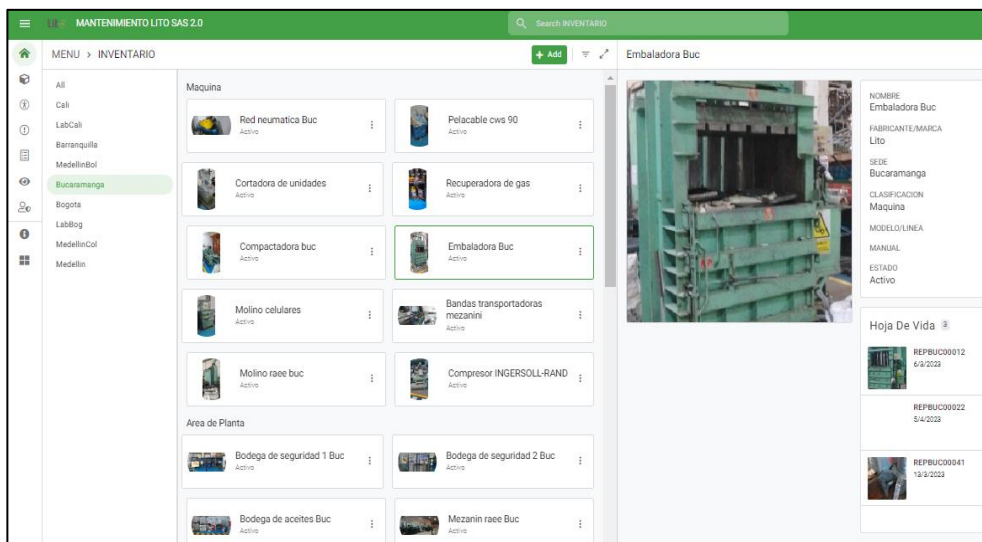
Figura 20 Captura ingreso a la hoja de vida



Fuente: Lito SAS

A continuacion se observa la hoja de vida desplgadura de la maunaria de Lito SAS, gnerando una manera mas eficiente de llevar un control del mantenimiento en la figura 26.

Figura 21 Captura hoja de vida



9.1.2.8 Desarrollo del octavo pilar

9.1.2.8.1 Seguridad y medio ambiente del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El octavo pilar del TPM, seguridad y medio ambiente, busca garantizar la seguridad y protección de los trabajadores y el medio ambiente en las operaciones de la empresa. Para cumplir con este pilar la estructura de control y seguimiento establece un plan de acción que incluya medidas preventivas y correctivas, y un sistema de monitoreo continuo para medir y mejorar el desempeño en seguridad y medio ambiente.

A continuación, se presenta la tabla 15 con los objetivos, indicadores, metas y evidencias para el cumplimiento del octavo pilar del TPM:

Tabla 15 Objetivos indicadores metas y evidencias

Área de mejora	Objetivo	Indicador	Meta	Evidencia
Seguridad	Reducir accidentes laborales	Tasa de frecuencia de accidentes laborales	Menos de 1 accidente por cada 100 trabajadores por año	Registro de accidentes laborales
Medio ambiente	Reducir la generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos	Reducción del 10% con respecto al año anterior	Registro de la cantidad de residuos peligrosos generados
Seguridad	Aumentar el uso de equipos de protección personal	Porcentaje de trabajadores que utilizan equipos de protección personal	100%	Registro de la utilización de equipos de protección personal
Medio ambiente	Mejorar el consumo de agua	Consumo de agua por unidad de producción	Reducción del 5% con respecto al año anterior	Registro del consumo de agua y de la producción
Seguridad	Reducir los incidentes relacionados con la seguridad alimentaria	Número de incidentes relacionados con la seguridad alimentaria	Cero incidentes	Registro de los incidentes relacionados con la seguridad alimentaria

Fuente: Autoría propia

En conclusión, el octavo pilar del TPM es fundamental para garantizar la seguridad y protección de los trabajadores y el medio ambiente en las operaciones de la empresa. Es importante establecer un plan de acción y un sistema de monitoreo y evaluación continuo para medir y mejorar el desempeño en seguridad y medio ambiente. La tabla presentada anteriormente muestra los, indicadores, metas y evidencias para evidenciar el cumplimiento de este pilar.

9.1.2.9 Análisis final

Inicialmente, Lito SAS llevó a cabo un plan piloto de mantenimiento basado en el TPM, en el cual se da apertura con un esquema del plan de mantenimiento detallado y seguidamente se presentan los 5 pasos del TPM de la implementación los cuales permiten desarrollar sus procesos productivos y promover una cultura de mejora continua. Incluyendo la creación de un equipo de TPM, capacitación, formación en la filosofía del TPM y la creación de un comité encargado de coordinar y promover el desarrollo del TPM en la organización. El cronograma de entrenamiento se desarrolló en tres fases dirigidas por el analista de operaciones y se incluyeron preguntas claves para evaluar el nivel de conocimiento sobre el TPM. Por otro lado, también se llevó a cabo un diagnóstico para determinar el estado actual de su área de mantenimiento, y en base a ese diagnóstico se creó una estructura de sistema que utiliza la herramienta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con la cual se pudo evidenciar de forma practica el procedimiento que se debía llevar a cabo a través de los pilares del TPM.

El objetivo de esta herramienta es minimizar los costos asociados a las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo de las maquinarias y equipos utilizados en la planta de producción. Para así poder optimizar sus procesos de mantenimiento y reducir los gastos asociados con la reparación de maquinarias y equipos.

Se busca mejorar la eficiencia y reducir los costos asociados con las actividades de mantenimiento a través del desarrollo de un plan piloto de un sistema de control y seguimiento basado en TPM

10. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO MEDIANTE INDICADORES Y UN ANALISIS ECONÓMICO

10.1 INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO BASADO EN TPM

El TPM se centra en el mantenimiento para minimizar el tiempo de inactividad del equipo y mejorar su eficiencia. Por lo tanto, los indicadores seleccionados se enfocan en la eficiencia y disponibilidad del equipo para así mismo poder determinar qué tan eficiente fue un plan piloto.

A continuación se presentan los indicadores de evaluación de un plan piloto de mantenimiento planificado basado en TPM y una breve explicación de cada uno en la tabla 16.

Tabla 16 Indicadores de evaluación de un plan piloto

Indicador	Explicación
Tiempo medio de reparación (MTTR)	Este indicador mide el tiempo promedio que se tarda en reparar una falla o avería en el equipo o sistema. Se calcula dividiendo el tiempo total de reparación por el número de fallas o averías.
Índice de disponibilidad	Este indicador mide el tiempo que el equipo o sistema está disponible para su uso en comparación con el tiempo total. Se calcula dividiendo el tiempo total de disponibilidad del equipo o sistema por el tiempo total de operación.
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	Este indicador mide el tiempo promedio que transcurre entre dos fallas o averías en el equipo o sistema. Se calcula dividiendo el tiempo total de operación por el número de fallas o averías.
Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos	Mide la proporción de mantenimientos que se han realizado de forma preventiva y la proporción de mantenimientos que se han realizado de forma correctiva.

Fuente: Autoría propia

Cada uno de estos indicadores es importante para evaluar diferentes aspectos del mantenimiento planificado. El MTTR nos indica cuánto tiempo se tarda en reparar una falla, lo que es útil para saber si las reparaciones se están realizando de manera eficiente. El cumplimiento del plan de mantenimiento nos permite evaluar si se están completando todas las tareas necesarias. El índice de disponibilidad nos muestra cuánto tiempo el equipo o sistema está en funcionamiento y disponible para su uso. Finalmente, el MTBF nos indica el tiempo promedio que transcurre entre fallas, lo que es útil para evaluar la fiabilidad del equipo o sistema.

Es importante tener en cuenta que cada indicador debe ser analizado en conjunto con los demás para tener una evaluación completa del mantenimiento planificado basado en TPM.

10.2 INDICADOR DE TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)

El tiempo medio de reparación (MTTR) se utiliza para medir el tiempo promedio que lleva reparar el equipo cuando se produce una falla. Este indicador es importante porque muestra cuánto tiempo se tarda en volver a poner el equipo en funcionamiento después de una falla, lo que afecta directamente la eficiencia del proceso.

Los pasos para crear este indicador son los siguientes:

1. Identificar las fallas: Se debe llevar un registro detallado de todas las fallas que ocurren en el equipo o sistema durante un período determinado.
2. Registrar el tiempo de reparación: Se debe registrar el tiempo que lleva reparar cada falla, desde el momento en que se detecta hasta el momento en que el equipo o sistema vuelve a estar en funcionamiento.
3. Sumar los tiempos de reparación: Se deben sumar los tiempos de reparación de todas las fallas que se han registrado durante el período determinado.
4. Dividir la suma total de tiempos de reparación: La suma total de tiempos de reparación se divide entre el número total de fallas registradas en el mismo período.

La fórmula para el cálculo del MTTR es la siguiente:

$$\text{MTTR} = (\text{Tiempo total de reparación de todas las fallas}) / (\text{Número total de fallas})$$

Para crear el primer indicador se debe evaluar los mantenimientos correctivos que se le realizaron a las montacargas de lito SAS en el mes de enero, febrero y marzo para analizar el comportamiento del MTTR como se muestra a continuación en la tabla 17.

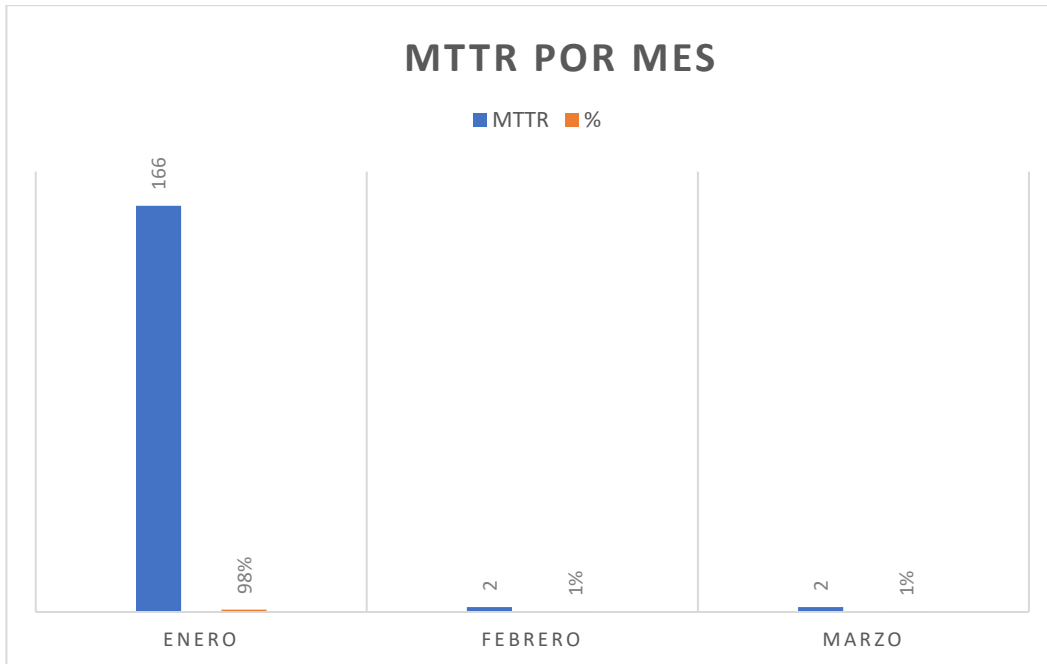
Tabla 17 Indicador de Tiempo medio de reparación

Enero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de fallas	3	1	2	1	0
Tiempo de Mantenimiento (Horas)	24+2+72	1056	2+2	2	0
MTTR (Horas)	33	1056	2	2	0
Porcentajes	3,02%	96,61%	0,18%	0,18%	0%
Global	166 horas				
Febrero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de fallas	0	0	0	1	0
Tiempo de Mantenimiento (Horas)	0	0	0	2	0
MTTR (Horas)	0	0	0	2	0
Porcentajes	0%	0%	0%	100%	0%
Global	2 horas				
Marzo					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de fallas	0	0	1	0	0
Tiempo de Mantenimiento (Horas)	0	0	2	0	0
MTTR (Horas)	0	0	2	0	0
Porcentajes	0%	0%	100%	0	0%
Global	2 horas				

Fuente Autoría propia

En consecuencia con la información anterior se identificó que el MTTR global por mes, baja al pasar el mes de enero para dar un poco más de claridad se desarrolló un gráfico de barras que permite hacer la comparativa entre estos los meses (enero, febrero y marzo) como se muestra a continuación en la figura 28.

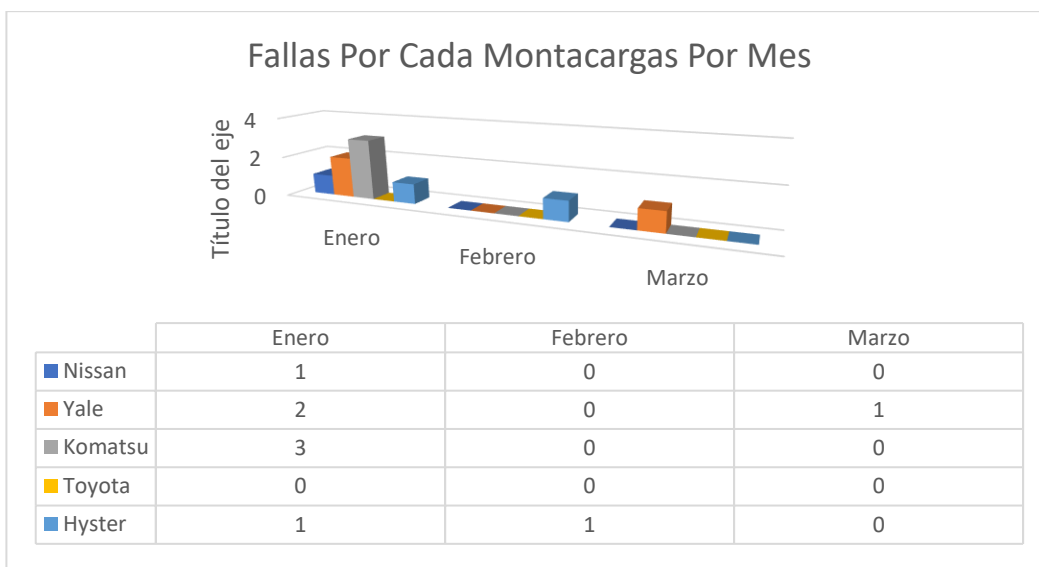
Figura 22 Indicador (MTTR) por mes



Fuente: Autoría propia

Se presenta un gráfico que permite observar el número de mantenimiento correctivos de cada montacargas por cada mes como se muestra en la figura 29.

Figura 23 Fallas por cada montacargas por mes



Fuente: Autoría propia

En la Figura 29 se observa el MTTR de las montacargas, se analizó que hay mantenimientos que pueden tardar 2 horas sin son reparaciones sencillas, como otras muchas más complicadas.

Un ejemplo de lo mencionado ocurrió en el mes de enero, cuando se llevó a cabo la reparación del motor de la montacargas Nissan lo que género que esta estuviera sin operar 44 días. Durante el mes de enero, los siguientes dos meses se realizaron mantenimientos preventivos que ayudaron a disminuir notoriamente las fallas y el MTTR de algunos montacargas pasó a 0%, Permitiendo así concluir que el control y la programación de mantenimientos preventivos ayudan a disminuir notoriamente los mantenimientos correctivos aumentando la eficiencia y disminuyendo costos en alquilar montacargas.

10.3 INDICADOR DE INDICE DE DISPONIBILIDAD

Este indicador mide el tiempo que el equipo o sistema está disponible para su uso en comparación con el tiempo total. Se calcula dividiendo el tiempo total de disponibilidad del equipo o sistema por el tiempo total de operación. Este indicador es importante porque muestra cuánto tiempo el equipo o sistema está en funcionamiento y disponible para su uso.

Para calcular el índice de disponibilidad, necesitas seguir estos pasos:

1. Identificar el tiempo total de operación del equipo o sistema. Esto incluirá todo el tiempo que el equipo o sistema debería estar en funcionamiento, incluyendo los tiempos de mantenimiento programado.
2. Identificar el tiempo total de disponibilidad del equipo o sistema. Este es el tiempo durante el cual el equipo o sistema estuvo en funcionamiento y disponible para su uso.

3. Calcular la disponibilidad del equipo o sistema dividiendo el tiempo total de disponibilidad por el tiempo total de operación.
4. Multiplica el resultado por 100 para obtener el porcentaje de disponibilidad.

La fórmula para el índice de disponibilidad es:

Índice de Disponibilidad = (Tiempo Total de Disponibilidad / Tiempo Total de Operación) x 100%

El tiempo total de disponibilidad se refiere al tiempo durante el cual el equipo o sistema estuvo disponible para su uso sin interrupciones debido a fallos o reparaciones. Se puede medir por un período específico, como un mes o un año.

El tiempo total de operación se refiere al tiempo durante el cual el equipo o sistema se esperaba que estuviera en funcionamiento, independientemente de si estuvo disponible o no. Esto incluye el tiempo en que el equipo estaba en funcionamiento, así como el tiempo en que estaba programado para estar en funcionamiento, pero no pudo hacerlo debido a fallas o reparaciones.

Con este indicador se toman los mismos datos del anterior indicador que representan los mismos montacargas y los mismos meses ya que el plan piloto solo tiene 3 meses de acumular datos como se muestra en la tabla 18.

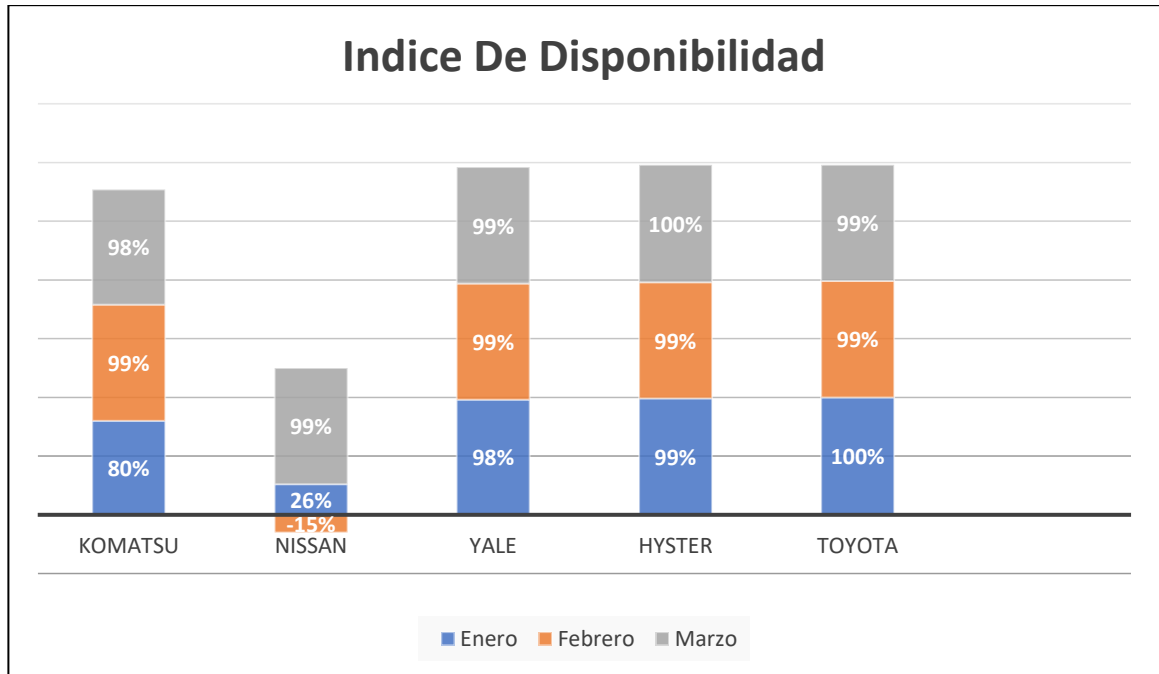
Tabla 18 Indicador de índice de disponibilidad

Enero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Tiempo Mantenimientos	16+2+48	240	2+2	2	0
Tiempo Disponible	270	96	332	334	336
Tiempo Operación	336	336	336	336	336
Índice de Disponibilidad	80%	26%	98%	99%	100%
Global	81% de disponibilidad				
Febrero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Tiempo Mantenimientos	2	368	2	2	2
Tiempo Disponible	318	-48	318	318	318
Tiempo Operación	320	320	320	320	320
Índice de Disponibilidad	99%	-15%	99%	99%	99%
Global	80% de disponibilidad				
Marzo					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Tiempo Mantenimientos	4	2	2	0	2
Tiempo Disponible	348	350	350	352	350
Tiempo Operación	352	352	352	352	352
Índice de Disponibilidad	98%	99%	99%	100%	99%
Global	99% de disponibilidad				

Fuente: Autoría propia

A continuación se puede observar el porcentaje de índice de disponibilidad por cada montacargas en la figura 30.

Figura 24 Indicador de índice de disponibilidad



Se puede identificar en la figura 30 el aumento mes a mes del índice de disponibilidad ayudando a Lito SAS tener una mayor eficiencia en sus procesos.

10.4 INDICADOR DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF)

El tiempo medio entre fallos (MTBF) es un indicador utilizado en la gestión del mantenimiento para medir el rendimiento de un equipo o sistema en términos de la frecuencia de fallas. Este indicador se calcula dividiendo el tiempo total de operación del equipo o sistema por el número total de fallas que ha experimentado.

Un MTBF alto indica que el equipo o sistema es confiable y tiene una frecuencia de fallas baja, mientras que un MTBF bajo indica que el equipo o sistema tiene una frecuencia de fallas alta y puede requerir mejoras en su mantenimiento.

A continuación, se presenta un paso a paso para calcular el MTBF:

1. Registrar los tiempos de fallo: Para calcular el MTBF, se deben registrar todos los tiempos de fallo del equipo durante un período determinado, lo que se puede hacer utilizando el registro de mantenimiento del equipo.
2. Sumar los tiempos de fallo: Una vez que se hayan registrado los tiempos de fallo del equipo, se deben sumar todos los tiempos para obtener el tiempo total de fallo.
3. Determinar el número de fallos: Para calcular el MTBF, también es necesario determinar el número total de fallos que se produjeron durante el período de tiempo evaluado.
4. Calcular el MTBF: Una vez que se tienen los tiempos de fallo totales y el número de fallos, el MTBF se puede calcular dividiendo el tiempo total de fallo por el número de fallos.

La fórmula para calcular el MTBF es la siguiente:

$$\text{MTBF} = \text{Tiempo total de operación} / \text{Número de fallos}$$

Donde el Tiempo total de operación es el tiempo total durante el cual el equipo o sistema se ha utilizado sin fallas. Para calcular este indicador vamos a seguir utilizando los datos de los montacargas el trimestre que se realizó un plan piloto como se muestra a continuación en la tabla 19.

Tabla 19 Indicador de tiempo entre fallos (MTBF)

Enero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de Fallos	3	1	2	1	0
Tiempo Operación (Horas)	238	-720	332	334	336
MTBF(Horas)	79	0	166	334	336
Confiabilidad	33%	0%	50%	100%	100%
Global	177 horas con un 14% de confiabilidad				
Febrero					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de Fallos	0	0	0	1	0
Tiempo Operación (Horas)	320	320	320	318	320
MTBF(Horas)	320	320	320	318	320
Confiabilidad	100%	100%	100%	100%	100%
Global	1598 horas con un 100% de confiabilidad				
Marzo					
Montacargas	Komatsu	Nissan	Yale	Hyster	Toyota
Numero de Fallos	0	0	1	0	0
Tiempo Operación (Horas)	352	352	350	352	352
MTBF(Horas)	352	352	350	352	352
Confiabilidad	100%	100%	100%	100%	100%
Global	1758 horas con un 100% de confiabilidad				

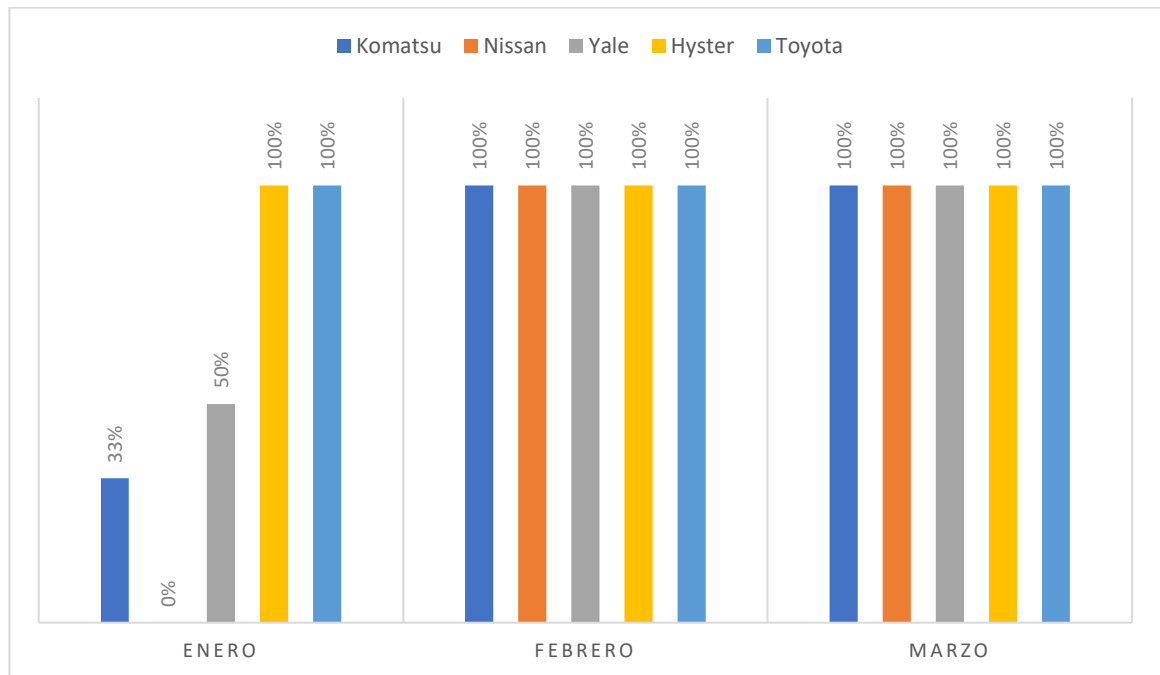
Fuente: Autoría propia

Basado en los resultados de la tabla 19, se puede concluir que:

1. El índice de confiabilidad de los equipos en general es alto, con un promedio del 90% durante los tres meses evaluados.
2. El tiempo medio entre fallos (MTBF) es variable, con valores entre 79 y 336 horas. Esto indica que algunos equipos presentan una mayor frecuencia de fallas que otros, lo cual podría ser un indicio de posibles problemas de mantenimiento o de calidad en los equipos.
3. En enero, los montacargas Nissan presentó un MTBF de 0 horas, lo que indica que el equipo sufrió una falla durante todo el periodo de operación. Es importante revisar el mantenimiento y la calidad de este equipo para mejorar su confiabilidad y evitar interrupciones en las operaciones.

Continuando se presentan los porcentajes de confiabilidad por cada montacargas de cada mes como se muestra en la figura 31.

Figura 25 Porcentajes de confiabilidad



Fuente: Autoría propia

En general, se puede concluir que el plan de mantenimiento planificado basado en TPM fue efectivo en mejorar la confiabilidad de los equipos evaluados durante el periodo del plan piloto. Sin embargo, se sugiere realizar un análisis más detallado de los equipos que presentaron un MTBF bajo para identificar posibles oportunidades de mejora en el mantenimiento y la calidad de los equipos

10.5 INDICADOR PORCENTAJE DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS

El porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos es un indicador que mide la proporción de los trabajos de mantenimiento realizados que fueron preventivos versus aquellos que fueron correctivos

El cálculo del porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos se realiza dividiendo el número total de trabajos de mantenimiento preventivo realizados durante un periodo de tiempo determinado, entre el número total de trabajos de mantenimiento realizados en ese mismo periodo (tanto preventivos como correctivos), y se multiplica el resultado por 100. El resultado de este cálculo indica que el porcentaje de los trabajos de mantenimiento fueron preventivos y cuáles fueron correctivos.

El paso a paso para calcular el porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos es el siguiente:

1. Determine el número total de trabajos de mantenimiento realizados durante un periodo de tiempo determinado.
2. Determine el número de trabajos de mantenimiento preventivo realizados durante ese mismo periodo de tiempo.
3. Calcule el porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos dividiendo el número de trabajos de mantenimiento preventivo realizados entre el número total de trabajos de mantenimiento realizados durante ese mismo periodo, y multiplicando el resultado por 100.

Para poder observar los porcentajes de los mantenimientos preventivos y correctivos se debe ingresar al aplicativo de mantenimiento y se ubica en el módulo de estadísticas donde se muestra la información. En este caso se toman todos los datos de los mantenimientos realizados de todas las maquinas, equipos y áreas de los 3 meses que se realizó el plan piloto a continuación se puede observar los porcentajes de cada mes en la tabla 20.

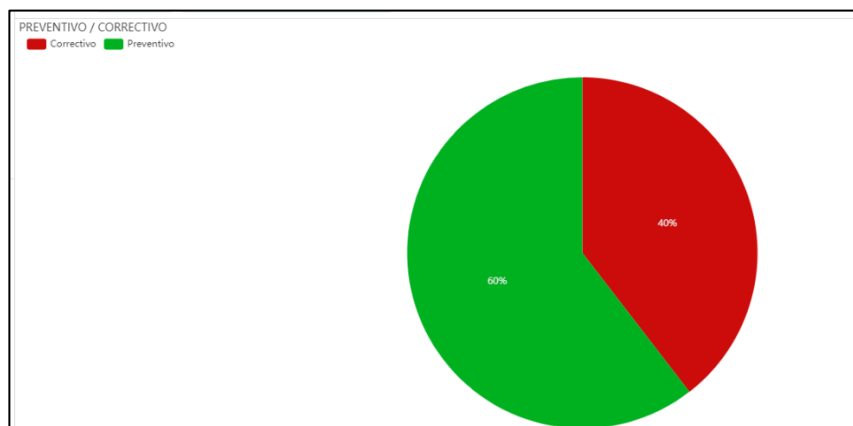
Tabla 20 Porcentajes de mantenimientos preventivos y correctivos de enero

Enero		
Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje
Correctivo	17	40%
Preventivo	26	60%

Fuente :Autoria propia

Se puede observar de la tabla 24 que el numero de mantenimiento correctivo disminuyo notoriamente con un 40% durante el mes de enero, para analizar mejor estos datos se presenta la figura 32.

Figura 26 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de enero



Fuente :Autoria propia

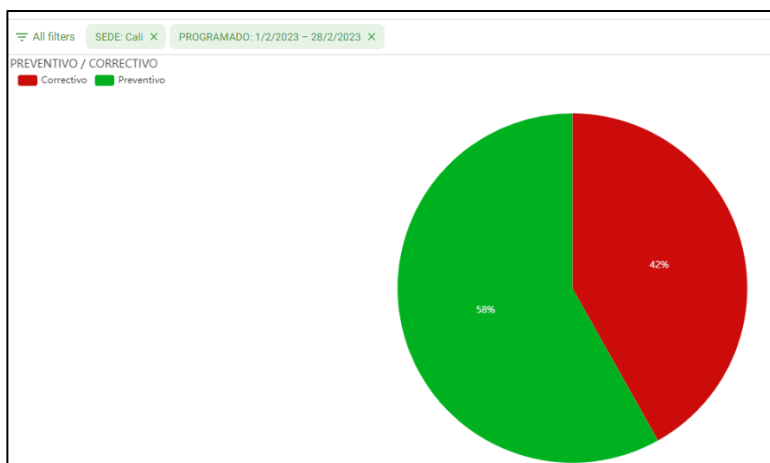
Continuando con el mes de febrero se observa que hubo un cambio en los porcentajes es decir la mejora continua siendo efectiva porque su porcentaje de mantenimientos correctivos no supera los preventivos como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de febrero

Febrero		
Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje
Correctivo	18	42%
Preventivo	25	58%

Fuente :Autoria propia

Figura 27 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos febrero



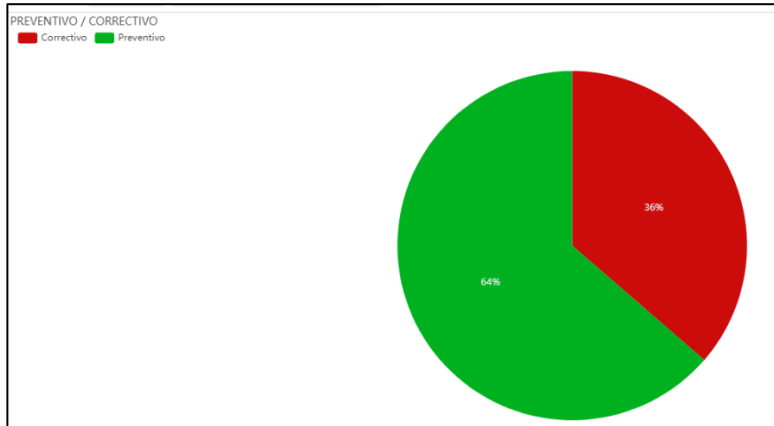
Fuente: Autoría propia

Tabla 22 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de Marzo

Marzo		
Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje
Correctivo	28	36%
Preventivo	49	64%

Fuente :Autoria propia

Figura 28 Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos de marzo



Fuente :Autoria propia

Según los datos presentados en las Tablas 24-25-26 se observó que el porcentaje de mantenimientos preventivos en general es mayor que el porcentaje de mantenimientos correctivos. En enero, se realizó un 60% de mantenimientos preventivos y un 40% de correctivos. En febrero, el porcentaje de mantenimientos preventivos disminuyó al 58%, mientras que el porcentaje de correctivos aumentó al 42%. Sin embargo, en marzo, el porcentaje de mantenimientos preventivos aumentó al 64%, mientras que el porcentaje de correctivos disminuyó al 36%.

En general, se puede concluir que durante los tres meses, se realizó un mayor número de mantenimientos preventivos en comparación con los correctivos, lo que sugiere, que el sistema si funciona para evitar posibles fallos y averías en los equipos, máquinas y áreas.

Cabe resaltar que es importante monitorear regularmente el porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos para garantizar un mantenimiento adecuado y efectivo en los equipos, máquinas y áreas. De esta manera, se puede reducir el número de fallos y averías, aumentar la disponibilidad y prolongar la vida útil de los equipos.

10.6 EVALUACIÓN DE UN PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO BASADO EN EL TPM

La estructura y el desarrollo de un plan piloto del plan de mantenimiento TPM, se realizó desde el mes de enero hasta Marzo, para continuar con la evaluación se solicitó al director de la planta, realizar una evaluación del plan de mantenimiento mediante una lista de chequeo, en la cual se evalúa el cumplimiento de los pasos de la implementación y la estructura de seguimiento y control de los 8 pilares del TPM a continuación se muestra la lista de chequeo que se creó para la evaluación en la tabla 23.

Tabla 23 Evaluación estructura de un sistema de seguimiento y control del (TPM)

EVALUACION ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM				
Nombre:		Fecha:		
No.	Preguntas	Cumple	No Cumple	Calificacion
1	¿La Jefatura de Administración informó a todo el personal y proveedores la decisión de establecer el TPM?			
2	¿Se crearon programas de entrenamiento y desarrollo para todo el personal de la empresa?			
3	¿Se estableció el "Comité Promotor y Coordinador de Desarrollo del TPM" como Staff o apoyo de la alta dirección?			
4	¿Se definieron objetivos generales a alcanzar a mediano y largo plazo (uno a tres años) y se recomendaron las políticas necesarias que de éstos se deriven?			
5	¿Se elaboró un plan maestro para el desarrollo e implementación del TPM?			
6	¿Se ha encontrado oportunidades de mejora dentro de la planta para reducir o eliminar desperdicios?			
7	¿Se ha logrado disminuir desperdicios al volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento?			
8	¿Se tiene un buen mantenimiento preventivo y se ha implementado el mantenimiento planificado?			
9	¿Se ha logrado identificar la causa de los defectos en el proceso de producción?			
10	¿Se ha planificado e investigado sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en la organización?			
11	¿Se han reforzado las funciones de los departamentos administrativos y de apoyo?			
12	¿Se ha planificado y realizado la formación de las personas según las necesidades de la organización?			
13	¿Se han realizado estudios de prevención de accidentes en la gestión de seguridad y entorno?			
Observacion				

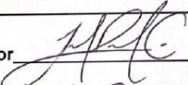
Calificacion	
---------------------	--

Firma del Evaluador _____

Fuente: Autoría propia

En consecuencia con la información anterior se adjunta la evidencia de la evaluación realizada por el director de la planta en la tabla 24.

Tabla 24

EVALUACION ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TPM				
Nombre:	Juan David Crespo C.	Fecha:	26/04/2023	
No.	Preguntas	Cumple	No Cumple	Calificacion
1	¿La Jefatura de Administración informó a todo el personal y proveedores la decisión de establecer el	X		4.5
2	¿Se crearon programas de entrenamiento y desarrollo para todo el personal de la empresa?	X		5.0
3	¿Se estableció el "Comité Promotor y Coordinador de Desarrollo del TPM" como Staff o apoyo de la alta dirección?	X		4.5
4	¿Se definieron objetivos generales a alcanzar a mediano y largo plazo (uno a tres años) y se	X		4.5
5	¿Se elaboró un plan maestro para el desarrollo e implementación del TPM?	X		5.0
6	¿Se ha encontrado oportunidades de mejora dentro de la planta para reducir o eliminar desperdicios?	X		4.5
7	¿Se ha logrado disminuir desperdicios al volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de	X		4.5
8	¿Se tiene un buen mantenimiento preventivo y se ha implementado el mantenimiento planificado?	X		5.0
9	¿Se ha logrado identificar la causa de los defectos en el proceso de producción?	X		5.0
10	¿Se ha planificado e investigado sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en la		X	4.0
11	¿Se han reforzado las funciones de los departamentos administrativos y de apoyo?	X		4.5
12	¿Se ha planificado y realizado la formación de las personas según las necesidades de la organización?	X		5.0
13	¿Se han realizado estudios de prevención de accidentes en la gestión de seguridad y entorno?	X		5.0
Observacion				
<p>Se Mejora el control y seguimiento de las actividades del area de Mantenimiento, ademas de que se evidencia una mejora en la trazabilidad de los trabajos de mantenimiento, conllevando a una mayor disponibilidad de los equipos y maquinas. se cumplio con todos los requerimientos necesarios para la implementación en Lito SAS</p>				
Calificacion				
Firma del Evaluador		1107061508		
	Matricula Profesional	171087-0561110 VLL R 2021063356		

Fuente: Autoría propia

Con el análisis de la información anterior se puede concluir que el plan piloto ayudo a Lito SAS a cumplir con sus requerimientos para el área de mantenimiento, aumentando la producción y teniendo una mayor disponibilidad de las maquinas.

10.7 ANALISIS FINAL

Se llevó a cabo un plan piloto de mantenimiento planificado basado en el TPM con el objetivo de mejorar la eficiencia y confiabilidad del equipo y reducir el tiempo de inactividad no planificado, durante un período de tres meses en Lito SAS y se evaluó mediante diferentes indicadores y una evaluación cualitativa.

A continuación, se presenta una tabla 25 con los resultados de los cuatro indicadores utilizados para evaluar un plan piloto de mantenimiento planificado.

Tabla 25 Resultados obtenidos

Indicador	Fórmula	Resultado	Interpretación
Tiempo medio de reparación (MTTR)	Tiempo total de inactividad / Número de reparaciones	97%	El MTTR ha mejorado en un 97% del primer mes al segundo
Índice de disponibilidad	Tiempo total de disponibilidad del equipo / Tiempo total de operación	10%	El índice de disponibilidad ha mejorado en un 10% después del segundo mes
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	Tiempo total de operación / Número de fallos	100%	El MTBF ha mejorado en un 86% para llegar a un 100% de confiabilidad después del mes dos
Porcentaje de mantenimientos preventivos y correctivos	Numero de reportes*100/Número total de reportes	60%-40%	El porcentaje de mantenimientos preventivos son superior a los mantenimientos correctivos en los tres meses

Fuente: Autoría propia

Estos resultados indican que el plan piloto de mantenimiento planificado ha sido efectiva en mejorar la eficiencia y confiabilidad del equipo y reducir el tiempo de inactividad no planificado. Se recomienda implementar este plan de mantenimiento en toda la planta para lograr una mayor eficiencia en la producción y una reducción en los costos de mantenimiento y reparación.

10.8 COSTOS DEL PROYECTO

Se presenta el consolidado total de la inversión económica necesaria para la viabilidad y aseguramiento del plan de mantenimiento propuesto como se presenta en la tabla 26.

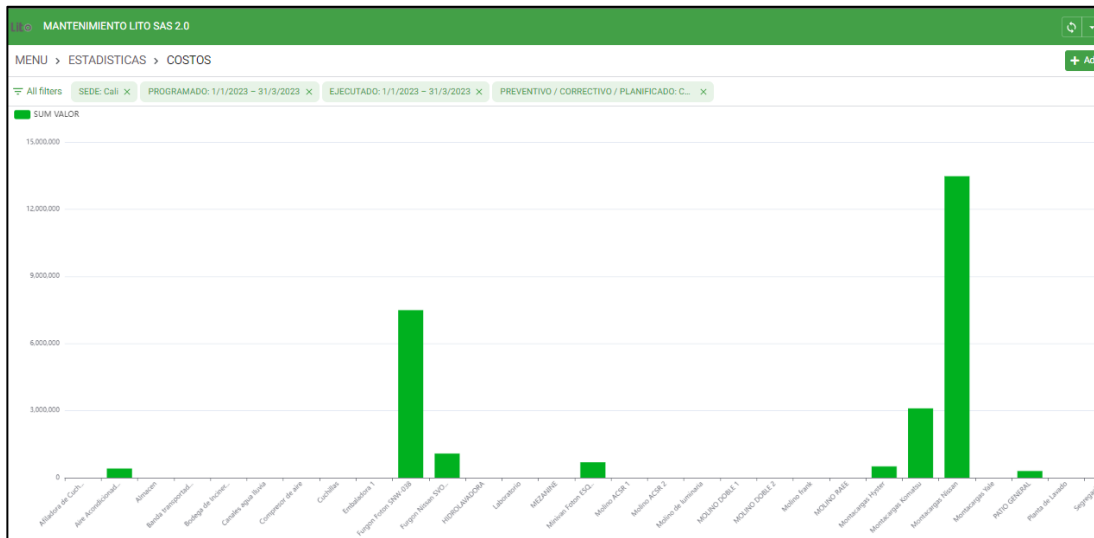
Tabla 26 Inversión anual del plan de mantenimiento

INVERSION ANUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	
DESCRIPCION	VALOR \$
PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	
Plan de compra repuestos programado de los equipos	\$ 250.000
Mantenimiento preventivo	\$ 250.000
Materiales consumibles y suministros de insumos	\$ 250.000
Mantenimiento autonomo	\$ 300.000
Mantenimiento del programa de diagnostico	\$ 300.000
Sub-Total	\$ 1.350.000
ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIONES	
Plan de capacitacion operarios	\$ 800.000
Plan de capacitacion administrativos	\$ 500.000
Plan control y seguimiento	\$ 150.000
Compra de materiales y recursos necesarios	\$ 300.000
Sub-Total	\$ 1.750.000
GENERACION DE UNA BASE DE DATOS	
Creacion aplicativo de mantenimiento	\$ 3.000.000
Compra de licencias	\$ 2.700.000
Asesoría aplicativo mantenimiento	\$ 200.000
Capacitacion y entrenamiento aplicativo	\$ 800.000
Sub-Total	\$ 6.700.000
Costo total Anual	\$ 9.800.000

Fuente: Autoría propia

Se puede analizar más a profundidad los costos de mantenimiento durante el plan piloto, a continuación podremos ver los costos de mantenimiento correctivo durante el primer trimestre.

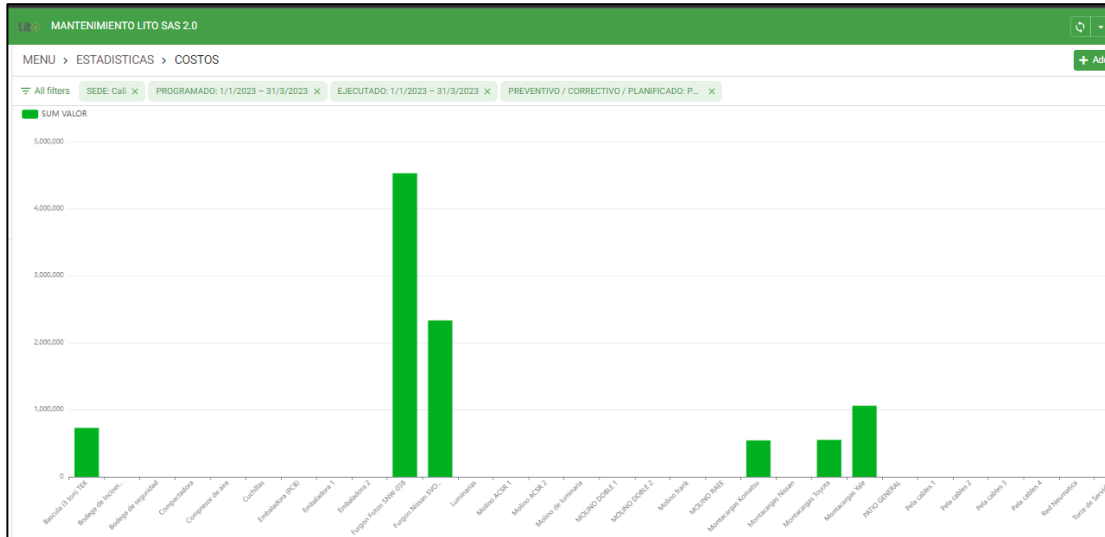
Figura 29 costos de mantenimiento durante el primer trimestre



Fuente: Autoría Lito SAS

Como se observa en la figura 35 los costos de mantenimientos correctivos son altos contando con sumas superiores a 12 millones por otro lado el costo de los mantenimientos preventivos son más bajos siendo inferior a 7 millones.


Figura 30 costos de mantenimiento




Fuente: Autoría Lito SAS

Se analizó que los costos de mantenimiento correctivos son más elevados que los costos de mantenimientos preventivos, el plan piloto lleva a Lito SAS a un mantenimiento preventivo progresivamente ayudando a bajar los costos de mantenimiento y aumentando la eficiencia teniendo la meta de llegar a un mantenimiento preventivo pleno con un porcentaje de mantenimientos correctivos muy bajos, adicionalmente Lito SAS al no poder contar con paradas no planificadas que afecten a la producción, Lito SAS se ve obligado a tener que alquilar montacargas para no detener la producción como se puede ver en la tabla 27.

Tabla 27 Costos alquiler de montacargas



ESTIBADORES Y MONTACARGAS SM S.A.S.



FECHA: 17/02/2023

CLIENTE: LITO

CONTACTO: JUAN DAVID CARVAJAL

EQUIPO:

COTIZACION No. : 5061

A CONTINUACION TENGO EL GUSTO DE COTIZARLE LO SIGUIENTE :

DESCRIPCION	CANTID	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
ALQUILER DE MONTACARGA POR HORA	129	\$ 40.000	\$ 5.160.000
TRANSPORTE DE EQUIPO	2	\$ 280.000	\$ 560.000
TOTAL			\$ 5.720.000

Más Iva

Disponibilidad : Inmediata, salvo venta previa

Validez de la oferta : 10 días

Condiciones de pago : 30 días

Cordialmente,

Samir Felipe Arias G.

Email : ventas@estibadoresymontacargassm.com

Cel. 310 824 70 98 / Tel. 3843898

Cra. 11 No. 62-20 Cali

Fuente: Autoría Samir Felipe arias

Como se puede ver el alquiler de una montacargas es algo crucial para Lito SAS teniendo en cuenta el aumento en sus costos de mantenimiento correctivos porque no cuenta con sistema que le ayude a tener un control y seguimiento en el área de mantenimiento, obteniendo una rentabilidad alta al adquirir el mantenimiento, ya que el sistema tiene un costo inferior que los mantenimientos realizados tanto preventivos y correctivos demostrando que el sistema tiene un buen control y seguimiento en el área de mantenimiento.

11.CONCLUSIONES

Se puede concluir, que en el desarrollo del plan piloto se obtuvo resultados altamente positivos, generando una notable disminución en los tiempos de mantenimiento y esto a su vez aumentó la productividad en Lito SAS. Además, se pudo observar una mayor eficiencia en el área de mantenimiento, lo que redujo los costos.

Mediante la encuesta diseñada se obtuvo la mayor cantidad de información posible sobre el área de mantenimiento, se concluyó que la falta de personal y la falta de control son los principales factores que contribuyen a la necesidad de hacer mantenimiento preventivo en lugar de correctivo. Las consecuencias de esta falta de planificación son múltiples y afectan negativamente a la producción y a la rentabilidad de la empresa.

El plan piloto de mantenimiento TPM (Mantenimiento Productivo Total) permitió minimizar las paradas no planificadas en las máquinas y evitar las pérdidas económicas asociadas. Conforme a lo mencionado se puede decir que el desarrollo de la metodología TPM en Lito SAS ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia en el área de mantenimiento y reducir los costos asociados con las actividades de reparación de maquinarias y equipos, permitido identificar áreas de mejora en su sistema de mantenimiento y establecer un plan de acción para optimizar sus procesos.

La evaluación del nivel de conocimiento sobre el TPM y el diagnóstico del estado actual del área de mantenimiento han sido pasos clave para crear una estructura de sistema eficiente que utiliza la herramienta de Mantenimiento Productivo Total.

12. RECOMENDACIONES

Se sugiere aumentar la conciencia en relación al mantenimiento de la maquinaria, tanto entre los operarios como en el personal administrativo. Esta medida se respalda en la importancia de promover una mayor conciencia y comprensión acerca de la importancia del mantenimiento adecuado de los equipos y su impacto en la eficiencia y durabilidad de los mismos. La capacitación y la sensibilización podrán ayudar a prevenir problemas de SST y mejorar la calidad del trabajo.

Es importante continuar capacitando el personal encargado del mantenimiento con el fin de mejorar sus habilidades y conocimientos técnicos, lo que puede ayudar a mejorar aún más la eficiencia en el área de mantenimiento.

Realizar una evaluación periódica de los resultados y el impacto de la metodología TPM en la empresa, con el fin de detectar cualquier problema o dificultad que pueda surgir y tomar medidas oportunas para solucionarlo.

Investigar y adoptar nuevas tecnologías y herramientas para el mantenimiento que puedan mejorar aún más la eficiencia y la productividad en la empresa.

Es importante promover la colaboración y el trabajo en equipo entre los diferentes departamentos de la organización, fomentando la comunicación efectiva y el intercambio de conocimientos y experiencias. Esto permitirá abordar de manera integral los desafíos de mantenimiento.

Es recomendable que Lito SAS realice diagnósticos periódicos para determinar el estado actual de su área de mantenimiento. De esta forma, se podrán identificar áreas de mejora y se podrán crear planes de acción específicos para solucionar problemas y mejorar la eficiencia y confiabilidad del equipo.

13.REFERENCIAS

Uribe, S. C. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil.

Shupingahua, W., & Moya, A. Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor. (Tesis de pregrado). Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, Perú.

Ante Satizábal, L. E. (2021). Automatización del proceso del análisis causa raíz y la metodología del análisis de modos de falla y efecto mediante la utilización de Excel para la Carrera de Mantenimiento Industrial.

Johnny, M., & Bernardo, O. Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM. (Tesis pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Quito

Valdez García, J. E. (2017). Implementación del mantenimiento autonomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en Uchucchacua

Ochoa, A., & Garavito, J. Propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la gestión de mantenimiento empresa Coca-Cola femsa. (Tesis de especialización). Universidad ECCI, Bogotá

Gonzales, J. Propuesta de mantenimiento planificado para la línea de producción de la empresa Latercer. (Tesis de pregrado). Universidad católica santo toribio, Chiclayo, Perú.

Shupingahua, W., & Moya, A. Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor. (Tesis de pregrado). Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, Perú.

Cárdenas Sánchez, G. (2018). Aplicación del mantenimiento planificado para incrementar la productividad en el área de mantenimiento Unimaq SA Lima-2018.

Gallegos, G. M. C., Jiménez, M. A. V., & Lara, B. N. (2019). Estudio bibliométrico comparativo entre la logística inversa y la logística verde. *Cimexus*, 14(2), 153-169

Castro Pico, J. D. (2023). *Desarrollo de un plan de mantenimiento para la línea de producción de la empresa productora lácteos San José de la ciudad de Píllaro, basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM)* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica).

Gutiérrez Sabogal, E. A. (2017). Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado para las máquinas de la Empresa Manrique Losada y Compañía SAS (Bachelor's 120ritu, Fundación Universidad de América).

Mallía Muñoz, J. M. (2019). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la cristicidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).

Morales Herrera, R. R. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento planificado para mejorar la operatividad de los equipos de impresión de la empresa Textil Perú Lima–2016.

Ochoa Rodríguez, A. F., & Garavito Angarita, J. A. (2016). Propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la gestión de mantenimiento caso:

empresa Coca-Cola FEMSA.

Ossa, m. y., hoyos, c. a. m., & de 121ritura, f. u. (2019) diseño de un plan de mantenimiento basado en el pilar de mantenimiento planificado en la planta de 121rituración de la empresa conexpe sa.

Shupingahua Ríos, W. J., & Moya Quispe, A. (2019). Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor.

Silvia toyos, (10/10/2022) Transformación digital en el mantenimiento eléctrico industrial

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y desarrollo*, 19(1), 25-37.