

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES COHORTE 2021

Tema: Aumento de disponibilidad de las máquinas para mejorar la productividad en una planta de fabricación de acero mediante un programa de lubricación con gestión de monitorización y control

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de titulación: Proyectos de Desarrollo

Autora: Ingeniera Valeria Catalina Sánchez Villegas

Director: Ingeniero Marcelo Vladimir García Sánchez, PhD.

Ambato – Ecuador

2023

A la unidad académica de titulación de la facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia. Magister, e integrado por los señores: Ingeniero Edison Patricio Jordán Hidalgo, Mg. e Ingeniero. Marlon Antonio Santamaría Villacís, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Aumento de disponibilidad de las máquinas para mejorar la productividad en una planta de fabricación de acero mediante un programa de lubricación con gestión de monitorización y control”, elaborado y presentado por la Ingeniera Valeria Catalina Sánchez Villegas., para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia, Mg.

Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo, Mg.

Miembro del Tribunal

Ing. Marlon Antonio Santamaría Villacís, Mg

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Aumento de disponibilidad de las máquinas para mejorar la productividad en una planta de fabricación de acero mediante un programa de lubricación con gestión de monitorización y control, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Valeria Catalina Sánchez Villegas, Autora bajo la Dirección del Ingeniero Marcelo Vladimir García Sánchez, PhD., Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Valeria Catalina Sánchez Villegas

c.c.: 1721936290

AUTORA

Ing. Marcelo Vladimir García Sánchez, PhD.

c.c.: 1803543055

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Valeria Catalina Sánchez Villegas

c.c.: 1721936290

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos.....	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORICO.....	5
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA.....	9
2.1. Tribología.....	9
2.2. Lubricación.....	10
2.3. Mantenimiento Total Productivo.....	11
CAPITULO III.....	14

MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. Tipo de investigación	14
3.2. Población o muestra	14
3.3. Definición de variables.....	15
3.4. Prueba de Hipótesis	15
3.5. Recolección de información	16
3.5.1. Técnica de observación	16
3.5.2. Revisión de documentos y registros	16
3.6. Procesamiento de la información y análisis estadístico:	17
CAPÍTULO IV	19
PROPUESTA	19
4.1. Título	19
4.2. Institución.....	19
4.3. Ubicación.....	19
4.4. Proceso de fabricación de mallas	20
4.5. Descripción.....	26
4.6. Desarrollo de la propuesta.....	27
4.6.1. Análisis de la situación actual del sistema de lubricación.....	27
4.7. Diseño del programa de lubricación.....	34
4.8. Equipos y Materiales	38
4.9. Implementación del programa de lubricación.	40
CAPITULO V	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
5.1. Resultados	47
5.2. Análisis de Chi cuadrado.....	61
5.3. Discusión	64

CAPÍTULO VI.....	66
6.1. Conclusiones	66
6.2. Recomendaciones	68
6.3. Bibliografía.....	69
6.4. Anexos.....	74
Anexo A.	74
Anexo B.	75
Anexo C.	76
Anexo D.	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Preguntas de investigación</i>	17
Tabla 2	<i>Catálogo de paras antes de la implementación del programa de lubricación.</i>	28
Tabla 3	<i>Equipos y Materiales</i>	38
Tabla 4	<i>Presupuesto</i>	40
Tabla 5	<i>Catálogo de paras antes de la implementación del proyecto</i>	52
Tabla 6	<i>Tiempos de paras después de la implementación del proyecto</i>	55
Tabla 7	<i>Generación de desechos procesados</i>	59
Tabla 8	<i>Cálculo del valor Chi Cuadrado</i>	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Ubicación Novacero Planta Lasso</i>	20
Figura 2	<i>Proceso de elaboración de mallas</i>	22
Figura 3	<i>Máquina TJK</i>	23
Figura 4	<i>Máquina DEM</i>	25
Figura 5	<i>Máquina Electrosoldadora EVG</i>	26
Figura 6	<i>Contaminación del aceite por partículas y agua</i>	30
Figura 7	<i>Fuga de aceite por falla de sellos</i>	31
Figura 8	<i>Falta de mantenimiento en las centrales</i>	31
Figura 9	<i>Averías en el eje motriz</i>	32
Figura 10	<i>Rayadura de ejes</i>	33
Figura 11	<i>Filtrado de aceite poco eficiente</i>	34
Figura 12	<i>Estructura general del modelo de monitoreo planteado</i>	35
Figura 13	<i>Diagrama para obtener los datos de las centrales</i>	38
Figura 14	<i>Centrales para la implementación del programa de lubricación</i>	41
Figura 15	<i>Diagrama de flujo del para la programación</i>	42
Figura 16	<i>Visualización de Datos en el HMI</i>	43
Figura 17	<i>Diagrama de Pareto – Análisis de las principales paras</i>	44
Figura 18	<i>Paras antes de la implementación del proyecto</i>	49
Figura 19	<i>Paras después de la implementación del proyecto</i>	50
Figura 20	<i>Ahorro por consumo de aceites</i>	58
Figura 21	<i>Emisión [Kg Co2/año]</i>	58

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión durante estos años de estudio. Su amor y aliento han sido mi motivación constante para superar desafíos y alcanzar mis metas académicas

Al Dr. Marcelo García por el apoyo y conocimientos aportados para la elaboración de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Este logro es en memoria de mi padre Julio, quién siempre estará en mi corazón y cuyo legado me ha impulsado a perseguir con humildad y respeto mis metas y cumplir mis sueños.

A mi madre Cecilia y a mis hermanas Celina y Alejandra, quienes siempre me han brindado su apoyo.

A Dayana, Ivancito y Julieth, cuyo amor incondicional han sido mi mayor fuente de motivación para alcanzar mis logros.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES
COHORTE 2021

TEMA:

AUMENTO DE DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ACERO MEDIANTE UN PROGRAMA DE LUBRICACIÓN CON GESTIÓN DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyectos de Desarrollo

AUTOR: Ingeniera Valeria Catalina Sánchez Villegas.

DIRECTOR: Ingeniero Marcelo Vladimir García Sánchez, PhD.

FECHA: Miércoles 4 de Octubre de 2023

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de las máquinas mediante un programa de lubricación, debido al excesivo consumo de lubricantes causado por fugas en los sistemas, cambios frecuentes de lubricantes por mal mantenimiento de maquinaria, contaminación del aceite por falta de limpieza y daño en las máquinas.

El área de mallas y trefilados no cuenta con un programa de lubricación establecidas para las máquinas. la metodología es empírica. No se tiene como prioridad y disciplina para mantener los controles semanales de lubricación. Se evidencia el estado de las centrales hidráulicas, fugas en las centrales, la viscosidad del aceite, el desgaste mecánico y corrosivo; de igual manera se puede observar el tiempo de para de producción siendo como causa las centrales hidráulicas y de lubricación, por este motivo se desarrolló un programa de lubricación con gestión de monitorización y control.

Se evaluaron el estado físico de las centrales de lubricación, detectando las fugas y averías de estas para ser corregidas, luego se procede con la implementación de los equipos para poder tener el monitoreo en tiempo real de presión, nivel y temperatura de los aceites, dentro del programa de lubricación una parte importante es el TPM, dónde se capacita al personal para tener una hoja de control de actividades de TPM de las centrales. Una vez implementado el proyecto, se puede ver la mejora en las centrales (sin fugas, centrales limpias, pintadas), disminuyendo así los tiempos de paras de las máquinas y aumentando la productividad y disponibilidad de estas.

DESCRIPTORES: PRODUCTIVIDAD, EFICIENCIA, MEJORAMIENTO, PROCESO PRODUCTIVO

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El mantenimiento es una actividad importante dentro de un proceso productivo, la falla de la máquina durante la producción puede afectar negativamente los programas de producción, retrasar las entregas o, en última instancia, requerir que los empleados trabajen horas extras para compensar la producción perdida. Esencialmente, el impacto de actividades de mantenimiento inadecuadas o ineficientes puede determinar la rentabilidad y supervivencia de un negocio. Los fabricantes que implementan procesos Lean buscan constantemente eliminar el desperdicio y establecer sistemas de producción justo a tiempo (Tortorella et al., 2021).

El mantenimiento industrial se define como una serie de actividades encaminadas a mantener las máquinas e instalaciones que integran el proceso productivo en el correcto funcionamiento y al máximo rendimiento. En resumen, surgieron tipos de mantenimiento preventivo y predictivo, dependen en gran medida de la tecnología industrial cuyas actividades se llevan a cabo mediante el conocimiento de los mecanismos de falla de la máquina además que se debe integrar indicadores de sostenibilidad para evolucionar (Orošnjak et al., 2021) . Implementar y gestionar los programas de lubricación dentro del mantenimiento preventivo es una actividad planificada que tiene como objetivo mantener disponibilidad de maquinarias a punto con intervenciones en los puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Con base en el mantenimiento preventivo, se introdujo el concepto de mantenimiento productivo total (TPM) para obtener el rendimiento general de los equipos de producción, reducir los costos de fabricación y aumentar la satisfacción laboral de las personas en todos los niveles de la organización, en otras palabras, TPM es un mantenimiento preventivo para toda la empresa (Jiang et al., 2022).

El desarrollo de un modelo de mantenimiento es la mejora en la eficacia en el ciclo de producción cumpliendo entregas perfectas para la satisfacción del cliente (Mishra et al., 2021), para lograr el objetivo propuesto es adoptar el concepto básico de TPM asignando responsables del buen funcionamiento de su máquina a cargo, siendo ellos el soporte de los mecánicos en las mejoras y procesos entregando productos de calidad

(Kiran, 2017). La intención principal de la organización es mejorar su eficiencia, ciclo de vida y productividad manteniendo un mejor tiempo de entrega para garantizar la satisfacción del cliente (Mishra et al., 2021).

El hecho de implementar estrategias de Mantenimiento Productivo Total es adoptar una cultura de trabajo, proporcionan información relevante a los gerentes para su gestión en planificación y producción (Rathi et al., 2022), en el que su herramienta para una toma de decisiones son los indicadores para evaluar el uso de la política de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total, que involucra colaborados directos e indirectos con actividades de mantenimiento operativo (Pascal et al., 2019). “El TPM asegura la disponibilidad de una máquina y su método de implementación para mejoras continuas que conducen a la reducción de pérdidas” (Suryaprakash et al., 2021a).

La lubricación constituye una función importante dentro del mantenimiento, que soporta el proceso productivo, disminuye las paradas por fallas de equipos. Un sistema de lubricación tiene como función en controlar: fricciones, desgaste, temperatura, nivel, corrosión. Ciertas condiciones de maquinarias e instalaciones son afectadas por falta de lubricación que se materializa tal riesgo en costos de mano de obra, pérdidas económico, calidad del producto final, costos de mantenimiento, social y ambiental.

La situación actual por falta de programas de lubricación planificado en NOVACERO, surgió un análisis cualitativo de máquinas de Mallas, Trefiladora, y Enderezadora, donde se observó, derrames, desgaste de zonas puntuales, contaminación, información relevante que permitió levantar registros, guías de trabajo, fichas de lubricación TPM, rotulación de la central con el fin de estandarizar los procesos de limpieza y mantenimiento preventivo.

El objetivo es la mejora en la productividad y alcanzar las metas planificadas en producción, reducción de la compra de aceite, reducir los costos por reparación, compra de repuestos y mantenimientos externos mediante un control, cambio de piezas y TPM se pueden evitar impactos de contaminación del suelo por estos insumos y generación de desechos por su limpieza.

1.2. Justificación

El proyecto se implementará debido al excesivo consumo de lubricantes causado por fugas en los sistemas, cambios frecuentes de lubricantes por mal mantenimiento de maquinaria, contaminación del aceite por falta de limpieza y daño en las máquinas. Mediante la elaboración de un programa de lubricación con gestión de monitorización, control y planeación, se mejorará la productividad mediante el aumento de disponibilidad de las máquinas, rendimiento, costos, impacto en el medio ambiente y con los mantenimientos en las centrales hidráulicas y de lubricación, se puede optimizar el tiempo de los trabajadores, además de fugas, exposición y contacto.

Se pretende además incrementar la educación TPM (mantenimiento productivo total), el mantenimiento fue considerado durante mucho tiempo como una actividad de índole operativa, escasamente vinculada con el sistema administrativo de las organizaciones, sin embargo, esta concepción ha cambiado (Kiran, 2022). La creación de documentos es necesario para estandarizar los procesos de limpieza y mantenimiento de las centrales hidráulicas y de lubricación del área de mallas y trefilados de Novacero.

Otro punto importante es la seguridad industrial del personal, mediante la disminución de frecuencias tanto de cambio, como de limpieza de aceites, se pretende disminuir el contacto del personal de mantenimiento con insumos considerados peligrosos. Se evitarán derrames y fugas mediante el control, cambio de piezas, TPM y control del aceite se pueden evitar impactos de contaminación del suelo por estos insumos y generación de desechos por su limpieza.

Impulsar la economía circular mediante la filtración del aceite se pueden alargar la vida útil del mismo, con una disminución en el consumo de aceites, y utilizando lo que podría ser un desecho peligroso en una materia prima. Contribución directa con el ODS 12, producción y consumos responsables. Y una disminución de la huella de carbono (HdC) que es la medición de emisiones de gases efecto invernadero que son considerados contaminantes del medio ambiente, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), entre otros, mismos que han desencadenado el fenómeno del cambio climático (Chacón Páez, 2016).

Con la completa implementación de este proyecto, se espera lograr un ahorro sustancial que repercutirá positivamente en nuestra operatividad. Se eliminará el gasto asociado a los mantenimientos realizados por proveedores externos, permitiendo

destinar estos recursos a otras áreas clave de la empresa. Asimismo, se prevé un ahorro significativo en mano de obra que antes se dedicaba a la limpieza de fugas y al mantenimiento constante de las centrales.

La optimización en la gestión de lubricantes será evidente, ya que, al resolver los problemas de fugas y derrames, así como los cambios frecuentes debido a fallas en las centrales, se reducirá el consumo de aceites, generando un impacto positivo en la eficiencia y en los costos operativos de manera considerable. Este proyecto representa una inversión inteligente que se traducirá en beneficios económicos y operativos a largo plazo para nuestra organización.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Aumentar la disponibilidad de las máquinas para mejorar la productividad en una planta de fabricación de acero mediante un programa de lubricación con gestión de monitorización y control.

1.3.2. Específicos

- Realizar el análisis de la situación actual del sistema de lubricación en Novacero Planta Lasso en el área de Mallas y Trefilados, mediante el levantamiento de información para tener una línea base de investigación.
- Diseñar e implementar un programa de lubricación de mecanismos y máquinas mediante la información obtenida por la monitorización de estos para reducir las paradas no programadas por fallas de elementos mecánicos.
- Validar el plan de lubricación en la reducción de costos por compra de aceites, garantizando su buen uso mediante apropiadas formas de trabajo, para alargar la vida útil manteniendo íntegras sus propiedades.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la última década el alcance de la tribología se ha extendido en diversos campos de investigación como física, química, mecánica y de fabricación, siendo temas muy importantes dentro de la tribología a tratar como: lubricación, ingeniería de superficies y desgaste (Jin et al., 2021). Para discutir las influencias de la carga dinámica en las propiedades tribológicas se investigan las influencias de las condiciones de trabajo y la rugosidad de la superficie en las propiedades tribológicas (Liu et al., 2022). La Tribología está presente en todos los aspectos de maquinaria, motores y componentes de la industria.

En los estudios mencionados se ha demostrado que más del 30% del consumo de energía de las máquinas está relacionado con la mecánica y fricción, la mayoría de las fallas mecánicas resultan por desgaste. Por tanto, es fundamental mejorar las propiedades tribológicas del desgaste de lubricantes sometidos a fuertes cargas de contacto. Para aplicar correctamente las propiedades de la tribología en Novacero planta Lasso se iniciará por disminuir el consumo excesivo de lubricantes, identificando los posibles problemas.

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) fue el primero en definir TPM en 1971. TPM se utiliza para aumentar la efectividad general del entorno de producción, especialmente a través de métodos para aumentar la efectividad del equipo. El TPM se hizo más popular en los países occidentales a finales de los años 1980, La implementación de TPM implica la aplicación de métodos continuos para reducir las pérdidas (Suryaprakash et al., 2021b).

En la actualidad existen métodos, técnicas y programas que las empresas industriales están aplicando para mejorar la productividad de los procesos y máquinas, en el sector manufacturero indio, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la Gestión de Calidad Total (TQM) se han convertido en los conceptos clave para mejorar el rendimiento de la producción en las últimas décadas (Sahoo & Yadav, 2020). TPM garantiza la disponibilidad de una máquina y su método de implementación implica mejoras continuas que conducen a una reducción de pérdidas (Suryaprakash et al., 2021c). Con lo mencionado se muestra que el éxito del mantenimiento total productivo

radica en su capacidad para proporcionar soluciones concretas a diversos desafíos en el ámbito industrial. TPM ofrece herramientas que potencian la efectividad de la cadena de suministro, optimizando tanto la eficiencia en las operaciones como la eficacia en la organización.

En las investigaciones realizada por Ribeiro I y Pinto G, busca mejorar la disponibilidad de una línea de producción crítica mediante TPM y Lean Maintenance, realiza un análisis inicial de la línea para identificar problemas usando métricas como tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, eficiencia del equipo y disponibilidad, como respuesta, se implementa un plan de acción para abordar los fallos en un equipo clave, utilizando herramientas como 5S, gestión visual y capacitación de operadores. (Ribeiro et al., 2019). El TPM se enfoca en eliminar pérdidas de eficiencia, se analizan y eliminan los principales problemas a través del análisis de manuales de mantenimiento y know-how interno (Pinto et al., 2020).

Los hallazgos de estas investigaciones arrojaron resultados alentadores a medida que la línea adquirió mayor organización. Hubo un incremento en el Tiempo Medio entre Fallas, una disminución en el Tiempo Medio de Reparación, lo que, en última instancia, se tradujo en una mayor disponibilidad general. Además, se observaron mejoras en la gestión visual y en las estrategias de mantenimiento, junto con el establecimiento de un programa de capacitación para mejorar las habilidades de los operadores. Estas acciones reflejaron positivamente en la organización de la línea.

Como lo menciona Ahmad, varias empresas en la actualidad no cuentan con un especialista en lubricación, por tal motivo la vida útil de las máquinas y equipos se deterioran con facilidad, la vida nominal de las máquinas depende de la capacidad dinámica, lubricación, las condiciones, la contaminación, el montaje, la precisión de fabricación y la calidad del material y, por tanto, la capacidad dinámica y el espesor mínimo elastohidrodinámico de la película se han tomado como funciones objetivas para el problema actual (Ahmad et al., 2022).

Con la implementación del proyecto, se pretende fomentar la educación TPM en los colaboradores, el Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un punto clave en el desarrollo del proyecto ya que se considera al TPM como un enfoque importante de gestión del mantenimiento basado en principios Lean, se ha encontrado una amplia

aplicabilidad en el sector manufacturero desde la década de 1950. Más recientemente, la Industria 4.0 (I4.0) ha promovido la digitalización de varias áreas funcionales trayendo innovación disruptiva a los entornos de fabricación (Tortorella et al., 2021a).

En las investigaciones de Bakri A, y Au-Yong se enfocan en un análisis que aborda la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la industria manufacturera. El propósito central es examinar el papel fundamental que desempeña el TPM en respaldo a iniciativas de mejora de la calidad, como la producción ajustada (Bakri et al., 2012). El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se considera la estrategia integral, siempre que los empleados de la organización puedan participar en las actividades de operación y mantenimiento (Au-Yong et al., 2022). Durante este proceso, se revisaron y discutieron investigaciones previas relacionadas con TPM y producción ajustada. Sin embargo, esta revisión de la puso de manifiesto una brecha significativa en la investigación: la necesidad imperante de una integración más completa entre estas dos metodologías.

El análisis reveló que el rol vital del TPM como complemento esencial de la producción ajustada no ha recibido la atención adecuada en la literatura existente. En su mayoría, las investigaciones se han centrado en estas iniciativas por separado, sin abordar de manera apropiada el relevante papel del TPM como uno de los principales impulsores de la mejora continua. Este vacío ha impedido que se expongan plenamente los beneficios resultantes de la aplicación de la metodología TPM en relación con la producción ajustada. En vista de estos hallazgos, se subraya la necesidad de futuras investigaciones enfocadas en la integración efectiva del TPM con la producción ajustada. Se busca fortalecer la filosofía de estas metodologías a través de aplicaciones más realistas y proporcionar justificación para una mayor exploración en esta área de integración. Esta investigación tiene como objetivo contribuir a una comprensión más completa y una implementación más efectiva de estas prácticas en el contexto de la industria manufacturera.

En (Mohaghegh et al., 2021), se centra en la investigación empírica de las interrelaciones entre las prácticas de gestión eficiente, las capacidades dinámicas y el desempeño sostenible de las empresas, abordando aspectos económicos, ambientales y sociales. Siguiendo el marco teórico de las capacidades dinámicas, que se relaciona con la teoría de la ventaja competitiva sostenible, se explora por qué muchas organizaciones que adoptan prácticas de gestión eficiente no logran mantener

resultados positivos a largo plazo. En un primer análisis conceptual, se identifican y definen tres capacidades dinámicas de orden superior relacionadas con Lean: la resolución sistemática de problemas, la fabricación ágil (o competencia en cambios) y la mejora continua.

Posteriormente, se realiza una encuesta en 99 empresas manufactureras italianas para examinar estas relaciones en la práctica. Los resultados, analizados a través de un modelo de ecuaciones estructurales, revelan que las "capacidades dinámicas relacionadas con el lean" desempeñan un papel fundamental al actuar como mecanismos a través de los cuales la gestión lean contribuye al desempeño empresarial sostenible. En última instancia, los principales hallazgos de esta investigación permiten distinguir entre los "adoptadores Lean" que logran resultados sostenibles y los "duplicadores Lean" que obtienen beneficios a corto plazo y ganancias rápidas. Para que una empresa se convierta en un "adoptador Lean", no basta con simplemente adoptar el modelo Lean como un paquete completo; es crucial establecer y cultivar constantemente capacidades dinámicas de orden superior o "relacionadas con Lean".

Este estudio contribuye a una comprensión más profunda de cómo las organizaciones pueden lograr una ventaja competitiva sostenible a través de la integración efectiva de prácticas lean y capacidades dinámicas.

En el estudio de (Tortorella et al., 2021b) se propone examinar la integración de las tecnologías asociadas con la Industria 4.0 (I4.0) en las prácticas de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en empresas manufactureras de gran tamaño. La investigación se centra en cuatro fabricantes ubicados en el sur de Brasil y se apoya en un enfoque basado en casos para obtener resultados relevantes. Guiados por la Teoría de la Difusión de la Innovación (DIT), los investigadores analizan la adopción de estas tecnologías emergentes y su integración en las prácticas de TPM. La DIT proporciona una lente teórica para comprender cómo se difunden y adoptan las innovaciones en organizaciones y sociedades, considerando atributos clave como ventaja real, compatibilidad, complejidad, probabilidad y observabilidad.

Los hallazgos de este estudio indican que la integración de la Industria 4.0 (I4.0) en el mantenimiento productivo total (TPM) conlleva beneficios y enfrenta barreras, relacionadas con los atributos de la DIT. Estos atributos influyen en la adopción y adaptación de las tecnologías I4.0 en el contexto de TPM, y su impacto varía en función de cada atributo. Al identificar aspectos que pueden limitar una digitalización

exitosa de TPM, este estudio proporciona valiosas perspectivas para que las empresas desarrollen contramedidas y fomenten la adopción de la innovación. Los resultados de este análisis tienen un potencial significativo para los profesionales que trabajan en la digitalización de TPM, ya que ofrecen una visión realista de los desafíos y beneficios que pueden enfrentar en la práctica. Además, el estudio concluye con propuestas para futuras.

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1. Tribología

Según (Morampudi et al., 2023), la tribología es una disciplina científica y tecnológica que se enfoca en el estudio de la interacción, fricción, desgaste y lubricación entre las superficies en movimiento relativo, como pueden ser las de máquinas, dispositivos mecánicos, motores, rodamientos, engranajes y cualquier otro sistema en el que exista contacto entre superficies sólidas. La palabra "tribología" proviene del griego "tribos" que significa frotar o desgastar (Yang et al., 2018).

Principales aspectos de la Tribología:

Fricción. Estudia las fuerzas que resisten el movimiento relativo entre dos superficies en contacto, proporcionando información sobre la resistencia y las condiciones de deslizamiento (X. Xie et al., 2021), su comprensión es esencial para optimizar la eficiencia y prevenir el desgaste en la interacción entre superficies.

Desgaste. Analiza los mecanismos y procesos que causan la pérdida de material en las superficies en contacto, ya sea por abrasión, adhesión, fatiga o erosión (Fox et al., 2021). Es un proceso que involucra la pérdida de material en las superficies en contacto, siendo resultado de varios mecanismos y procesos, y es fundamental para entender y mitigar la degradación de materiales y garantizar la eficiencia y durabilidad de los sistemas y maquinarias.

Coefficiente de Fricción. El coeficiente de fricción es una medida adimensional que describe la cantidad de fricción que se opone al movimiento relativo o a la tendencia al movimiento entre dos objetos en contacto. Representa la relación entre la fuerza de fricción que se opone al movimiento y la fuerza normal que presiona los objetos juntos. (Iwashita et al., 2023). Es una medida clave para comprender la interacción de las superficies y su importancia en diversas aplicaciones, desde ingeniería hasta física.

Deslizamiento. Se refiere al movimiento relativo entre dos superficies que ocurre cuando hay una diferencia de velocidad entre ellas. Este fenómeno puede ocurrir debido a una fuerza externa aplicada, la presencia de lubricantes o cuando las condiciones de fricción permiten este movimiento (Yang et al., 2018). En ingeniería y física, el deslizamiento es un concepto clave para comprender la dinámica y el comportamiento de sistemas que implican contacto entre superficies.

La tribología desempeña un papel crucial en el diseño, la operación y el mantenimiento de sistemas mecánicos, contribuyendo a la optimización de la eficiencia energética, la durabilidad de los componentes y la seguridad en diversos campos tecnológicos.

2.2. Lubricación

Según (Guo et al., 2023), la lubricación es un proceso integral en la ingeniería y en la operación eficiente de maquinaria y sistemas mecánicos. Consiste en la aplicación y distribución controlada de un material especializado llamado lubricante entre dos superficies que están en contacto o en movimiento relativo. El lubricante forma una capa o película protectora entre estas superficies, disminuyendo la fricción, el desgaste y el calor generado por la interacción entre ellas (Li et al., 2023).

Principales aspectos de la lubricación:

Enfriamiento y Disipación de Calor. Ayuda a disipar el calor generado por la fricción, evitando el sobrecalentamiento y asegurando temperaturas adecuadas de operación (Mehmood et al., 2023). Este concepto es fundamental en la ingeniería, especialmente en el diseño y mantenimiento de sistemas que generan calor, como motores, procesadores electrónicos, maquinaria industrial, entre otros.

Sellado y Protección. En ciertos casos, los lubricantes proporcionan un sellado eficaz entre las superficies, protegiendo contra la entrada de contaminantes y asegurando la integridad del sistema (Li et al., 2020). Es esencial para mantener la calidad y confiabilidad de productos y sistemas en distintas aplicaciones industriales y de ingeniería.

Tipos de Lubricantes. se refieren a las diversas clases de materiales utilizados para reducir la fricción y el desgaste entre superficies en movimiento, mejorando la eficiencia y prolongando la vida útil de maquinarias y equipos (Z. Xie et al., 2023). Pueden ser líquidos (aceites), sólidos (grasas, recubrimientos) o incluso gases (aire

comprimido), cada uno con propiedades específicas para adaptarse a distintas aplicaciones.

Viscosidad y Propiedades del Lubricante. La viscosidad es una propiedad clave que influye en la eficacia de la lubricación; un lubricante adecuado debe tener la viscosidad correcta para la aplicación específica. Si la viscosidad es demasiado baja, el lubricante se escurrirá fácilmente y no proporcionará una película adecuada para proteger las superficies en movimiento (Yue et al., 2023). Por otro lado, si la viscosidad es demasiado alta, el lubricante será difícil de mover y distribuir, lo que también puede afectar su capacidad para lubricar de manera efectiva.

Mantenimiento y Cambio. Supervisar y mantener adecuadamente la lubricación, incluido el cambio periódico del lubricante y la limpieza de los sistemas, es esencial para garantizar su eficacia y prolongar la vida útil de los equipos. Un cambio y mantenimiento adecuado de la lubricación no solo prolonga la vida útil de los equipos, sino que también contribuye a una operación más eficiente, reducción de costos de reparación y un entorno de trabajo más seguro

2.3. Mantenimiento Total Productivo

El Mantenimiento Total Productivo (TPM, por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance) es una metodología integral y estratégica de gestión orientada a maximizar la eficiencia y la productividad de los equipos y procesos en una organización (Kiran, 2022). Su enfoque principal es lograr una producción sin pérdidas, eliminando cualquier forma de desperdicio, defecto o interrupción en la operación. El TPM va más allá del mantenimiento convencional al involucrar a todos los miembros de la organización, desde los operadores hasta los directivos, en la responsabilidad de mantener y mejorar la maquinaria y los procesos (Kiran, 2017). Busca crear una cultura de cuidado y mejora continua en la que se fomenta la participación y el compromiso de los empleados.

Los pilares fundamentales del TPM incluyen:

Mantenimiento autónomo. Empodera a los operadores para que realicen tareas de mantenimiento básico, inspecciones y limpieza, contribuyendo así a prevenir fallas y a mantener la funcionalidad de los equipos (Rathi et al., 2022). Promueve un sentido de propiedad y responsabilidad entre los empleados, al mismo tiempo que mejora la

eficiencia, reduce las averías y contribuye a la creación de un entorno de trabajo más seguro y productivo.

Mantenimiento planificado. El mantenimiento planificado es una estrategia proactiva que implica programar y llevar a cabo tareas de mantenimiento de forma anticipada y sistemática. Establece programas de mantenimiento preventivo y predictivo basados en datos y análisis, permitiendo anticipar y corregir problemas antes de que ocurran. Este enfoque contribuye a una operación más eficiente y efectiva, reduciendo los tiempos de inactividad y los costos asociados a las fallas no planificadas (Pal et al., 2023) .

Mantenimiento en equipo. Fomenta el trabajo en equipo y la interdepartamental para mejorar los procesos y la eficiencia operativa, incluye tareas de inspección, reparación, limpieza, lubricación y ajustes programados para prevenir averías y maximizar la eficiencia operativa. Este enfoque ayuda a optimizar la producción y minimizar tiempos de inactividad no planificados. (Qin et al., 2022). La colaboración y la contribución activa de todos los miembros son esenciales para garantizar la eficiencia y la efectividad en la preservación y optimización de los activos de la organización.

Mejora específica. Promueve la identificación y eliminación de pérdidas en la producción mediante la aplicación de herramientas y técnicas específicas, como el análisis de causa raíz y la optimización de procesos. busca perfeccionar aspectos concretos de una organización (Krishnamurthy, 2022) . Al concentrarse en áreas específicas y aplicar soluciones precisas, las organizaciones pueden lograr mejoras sustanciales en su desempeño y eficiencia operativa.

Gestión de la calidad inicial. Enfatiza la calidad desde la etapa de diseño y desarrollo de productos y procesos, evitando así la aparición de problemas en la producción, garantiza que todas las partes involucradas, incluyendo empleados, clientes y proveedores, obtengan beneficios significativos y consistentes a través de la entrega de productos o servicios de alta calidad, fomentando así la competitividad, la reputación y la sostenibilidad de la organización (Radu et al., 2023).

Seguridad, salud y medio ambiente (SSMA). Constituye un pilar fundamental de la responsabilidad corporativa, donde se busca el equilibrio entre operar de manera segura (López-Laverde et al., 2023). Integra las consideraciones de seguridad, salud y

medio ambiente en todas las actividades de mantenimiento y producción para garantizar un entorno seguro y sostenible.

En resumen, el TPM busca alcanzar la excelencia operativa y el óptimo rendimiento de los activos, involucrando a toda la organización en la gestión del mantenimiento y promoviendo la mejora continua en todas las áreas de la empresa, promueve la maximización de la eficiencia y disponibilidad de los equipos, fomenta una cultura de cuidado y responsabilidad compartida por los activos de la empresa, y fomenta la mejora continua mediante la eliminación de pérdidas y la optimización de los procesos. Al integrar a las personas en el proceso de mantenimiento y alinear los objetivos de producción y mantenimiento, TPM se convierte en una poderosa herramienta para lograr la excelencia operativa y el éxito sostenible en un entorno industrial competitivo.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Para este trabajo se ha identificado los siguientes tipos de investigación:

Investigación cuasiexperimental y de campo, dado a que se comienza del estado actual de las máquinas, detectando deficiencias para luego detallar las acciones que se deben llevar a cabo.

La investigación cuantitativa formará parte fundamental del proyecto, ya que con la recolección de datos de las paras de producción por lubricación, fugas de aceites, falla de mangueras hidráulicas entre otras, se podrá observar estadísticamente que estas paras de producción disminuirán.

También se analizará un tipo de enfoque bibliográfico documental, ya que se necesita saber los enfoques de la tribología y el comportamiento de las tendencias en las propiedades del aceite de una central hidráulica, además se necesita indagar el funcionamiento, características y comportamiento de las centrales hidráulicas, para determinar parámetros de control obteniendo así un mejor rendimiento de los aceites y mayor productividad en las máquinas.

3.2. Población o muestra

En el marco de este proyecto, se ha definido como población de interés las máquinas que forman parte del proceso de elaboración de mallas en la empresa Novacero S.A. Se tiene previsto recopilar datos y detalles actuales sobre el funcionamiento de la línea productiva para llevar a cabo esta investigación. Esta estrategia permitirá contrastar y analizar los resultados obtenidos con datos históricos, abarcando un período de 1 año previo al inicio de la investigación, así como también resultados posteriores a su implementación. Este enfoque temporal brinda una perspectiva completa de los posibles impactos que la investigación pueda tener en la producción y eficiencia de las máquinas en estudio.

3.3. Definición de variables

Variable Independiente:

Implementación del programa de lubricación: Estrategias de implementación del programa de lubricación, que incluyen la monitorización y control de la lubricación en mecanismos y máquinas en la planta de fabricación de acero.

Variables Dependientes:

- **Disponibilidad de Máquinas:** La medida en que las máquinas están operativas y disponibles para la producción en la planta de fabricación de acero.
- **Productividad:** El rendimiento y eficiencia en la producción de acero en la planta, influenciados por la mejora en la disponibilidad de máquinas lograda a través de la implementación del programa de lubricación.
- **Costos de Compra de Aceites:** Los gastos asociados con la adquisición de aceites para la lubricación, que se espera se reduzcan como resultado de la implementación efectiva del programa de lubricación.
- **Vida Útil de las Máquinas:** La durabilidad y longevidad de las máquinas en la planta de fabricación de acero, que deberían aumentar debido a un uso adecuado del programa de lubricación y, por ende, al alargamiento de la vida útil de las máquinas.

3.4. Prueba de Hipótesis

H0 (hipótesis nula): El desarrollo de un programa de lubricación con gestión de monitorización y control, no mejorará la disponibilidad y productividad de las máquinas de la línea de producción de mallas y trefilados.

H1 (hipótesis alterna): El desarrollo de un programa de lubricación con gestión de monitorización y control, mejorará la disponibilidad y productividad de las máquinas de la línea de producción de mallas y trefilados.

3.5. Recolección de información

3.5.1. Técnica de observación

Para este estudio se define la observación de datos es una técnica fundamental que permite adquirir información valiosa a través de la observación directa de situaciones, procesos y comportamientos relevantes para el estudio. En el contexto de esta investigación sobre el sistema de lubricación en Novacero Planta Lasso, la observación de datos implica la presencia activa en el área de Mallas y Trefilados para registrar y analizar las prácticas de lubricación en tiempo real.

Durante estas observaciones, se registrarán meticulosamente aspectos como la frecuencia y metodología de la lubricación, los tipos de lubricantes utilizados, la calidad de la aplicación y cualquier incidente que pueda afectar la eficiencia operativa. Además, se prestará atención a la interacción entre los trabajadores y los equipos, y a cualquier desafío que puedan enfrentar en relación con el sistema de lubricación.

3.5.2. Revisión de documentos y registros

La revisión de documentos y registros es una técnica crucial que implica examinar detenidamente toda la documentación disponible en la planta, incluyendo historiales de mantenimiento, registros de fallas, informes de reparaciones anteriores, registros de lubricación y cualquier otro documento relevante. Estos documentos son fuentes ricas de información histórica y proporcionan una comprensión profunda de la evolución del sistema de lubricación y las incidencias pasadas.

Al revisar estos documentos, se buscará identificar patrones de fallas recurrentes, áreas de mejora en las prácticas de lubricación y los costos asociados. También se analizará la eficacia de las estrategias de mantenimiento previas para establecer puntos de referencia que sirvan para evaluar el impacto del programa de lubricación propuesto.

En la tabla 1 se muestra las preguntas pateadas para la investigación:

Tabla 1*Preguntas de investigación*

PREGUNTAS	DETALLES
¿Para qué?	Para implementar programa de lubricación con gestión de monitorización y control
¿A qué se aplica?	Máquinas: EVG – DEM - TJK
¿Con relación a qué aspectos?	Control industrial
¿En qué lugar?	Línea de producción
¿Qué técnicas se va a utilizar?	Observación y experimental
¿Con qué instrumentos?	Datos históricos de paras de las máquinas. Fichas de observación

Elaborado por: La investigadora

3.6. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se inició el proceso realizando un análisis exhaustivo del material empleado en el área de mallas y trefilados, que incluyó revisión de registros históricos de producción, datos de fallos y tiempos de parada (ya sea por problemas mecánicos, eléctricos o de producción, así como paradas auxiliares) de las máquinas TJK, DEM, EVG y Se examinaron tablas y hojas de cálculo en busca de posibles errores en el proceso, revisando la redacción en su contexto y la formulación precisa de las preguntas. Asimismo, se organizó la tabulación final de los resultados de la investigación y se procedió a elaborar cuadros estadísticos, representando gráficamente los porcentajes correspondientes a cada respuesta obtenida.

Posteriormente, los datos recopilados de los registros de producción y los informes de resultados fueron sometidos a un proceso de tabulación, en el que se emplearon técnicas estadísticas y matemáticas. Estos datos fueron representados gráficamente y organizados en tablas para evaluar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Este análisis crítico condujo a la formulación de conclusiones y recomendaciones.

Una vez tabulados los datos provenientes de registros de producción e informes de resultados, se aplicaron pruebas estadísticas, específicamente la prueba de chi cuadrado, para verificar la validez de la hipótesis planteada en la investigación. Este análisis estadístico brindó una validación cuantitativa y fundamentada a los hallazgos de la investigación.

Los resultados de esta investigación se sometieron a un detallado análisis mediante técnicas estadísticas y matemáticas, y se presentaron en tablas con gráficos que permitieron evaluar el logro de los objetivos planteados en el proyecto. Esta evaluación posibilitó la formulación de conclusiones y recomendaciones fundamentadas.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1. Título

Aumento de disponibilidad de las máquinas para mejorar la productividad en una planta de fabricación de acero mediante un programa de lubricación con gestión de monitorización y control.

4.2. Institución.

El presente proyecto se implantará en Novacero planta Lasso, en el área de mallas y trefilados.

4.3. Ubicación

Novacero Planta Lasso se sitúa estratégicamente en la provincia de Cotopaxi, específicamente en el sector Tanicuchi. Es parte de NOVACERO SA, una sólida y destacada empresa ecuatoriana que ha marcado pauta en el mercado desde su fundación en 1973. Con una vasta experiencia, se ha consolidado como líder en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero destinadas principalmente a la industria de la construcción.

Esta empresa se destaca por su contribución en la edificación de proyectos de vanguardia, abarcando tanto construcciones industriales como agroindustriales. Asimismo, su influencia se extiende a instalaciones comerciales, educativas, deportivas, viviendas e infraestructuras viales. A lo largo de los años, NOVACERO SA ha forjado una sólida reputación en la industria por ofrecer soluciones de acero que cumplen con altos estándares de calidad y eficiencia, siendo reconocida como referente en el sector.

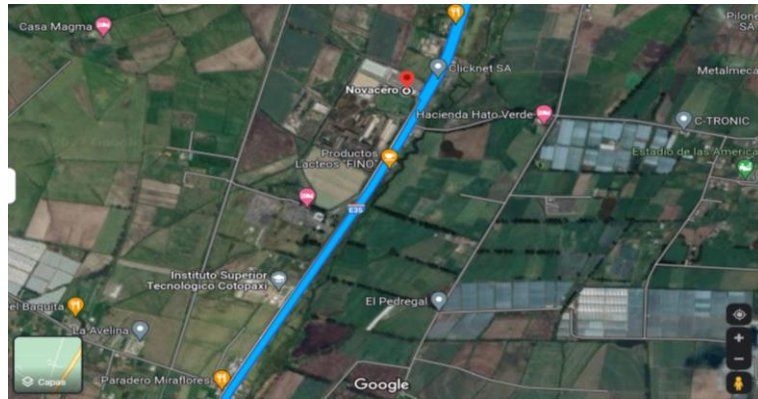


Figura 1 *Ubicación Novacero Planta Lasso*

Fuente: Google maps

4.4. Proceso de fabricación de mallas

La Malla Electrosoldada es un componente conformado por dos alambres de acero, uno en dirección longitudinal y otro en dirección transversal, que se entrecruzan formando ángulos rectos. Estos puntos de intersección se unen mediante soldaduras eléctricas por resistencia durante un proceso automatizado de producción en serie. Para su manufactura, se emplea alambroón.

Este tipo de malla encuentra aplicaciones en el ámbito de la construcción debido a su fácil y rápida colocación, incluso por personal no especializado. Además, al ser un producto fabricado de manera industrial, ofrece diversas ventajas tanto técnicas como económicas, así como garantías en cuanto a su calidad. Estas características hacen de la malla electrosoldada una elección frecuente en proyectos constructivos.

A continuación, se detalla el proceso:

El proceso de producción de mallas comienza con el ingreso de la materia prima esencial, que en este caso es el alambroón. Esta materia prima es producida en el área de laminación de NOVACERO. Al llegar al lugar de fabricación de mallas, el alambroón es organizado y almacenado según su diámetro y tipo. La clasificación se realiza en base a la suavidad del alambre, identificándose como Ultrasuave (U), Suave (S) y Duro.

Una vez organizado, el alambroón es transportado mediante montacargas para su ingreso a la zona de mallas y trefilado, el siguiente es el trefilado, en el cual el alambroón es dispuesto en los carretes de las trefiladoras. Durante esta etapa, la materia prima es

alimentada a trefiladoras estáticas, y el proceso tiene como objetivo principal reducir el diámetro del alambroón utilizando rodillos de laminación en frío. Como resultado de este proceso, se obtienen productos como varillas en rollo corrugado, que serán utilizadas en la formación de las mallas.

Posteriormente, se lleva a cabo la etapa de enderezado, donde los rollos de alambre pasan por devanadoras dinámicas para ser alimentados a diferentes máquinas enderezadoras. El propósito de esta fase es lograr que los carretes o rollos alcancen la longitud necesaria para el siguiente proceso, cumpliendo con las características requeridas en cuanto a diámetro y longitud.

La malla enderezadora es la siguiente etapa, donde los bultos de alambre previamente enderezados son alimentados a la mesa longitudinal y al alimentador transversal, los dos alambres son unidos mediante presión y corriente eléctrica, lo que provoca un aumento de temperatura y la fusión del metal en el punto de contacto, logrando así la unión soldada. Las máquinas de electrosoldado tienen la capacidad de producir mallas estándares y, además, se pueden fabricar mallas con características diferentes según las necesidades específicas del cliente.

Este proceso integral y automatizado garantiza la obtención de mallas de alta calidad y se traduce en un producto final que cumple con los estándares de eficiencia y demanda del mercado. La precisión y rapidez en la fabricación hacen de las mallas producidas por NOVACERO una opción confiable y óptima para una amplia gama de aplicaciones en el sector de la construcción y afines.

En la Figura 2 se puede apreciar en detalle el proceso de fabricación de mallas.



Figura 2 *Proceso de elaboración de mallas.*

Elaborado por: La investigadora

Máquina de trefilado TJK

La máquina trefiladora TJK es una pieza fundamental en el proceso de fabricación de alambres. Su función principal radica en la reducción del diámetro del alambroon, un proceso logrado mediante estiramiento en frío. Este estiramiento se realiza al guiar el material a través de una secuencia de troqueles, cada uno con aberturas de diámetros decrecientes. Este proceso meticuloso y preciso permite obtener alambres con el diámetro deseado y las características mecánicas necesarias para su aplicación.

Además de la reducción de diámetro, el estiramiento en frío llevado a cabo por la máquina trefiladora también conlleva mejoras en las propiedades mecánicas del material. Durante este proceso, el material experimenta un endurecimiento significativo, lo que resulta en un aumento notable de la resistencia y la dureza del alambre. Estas mejoras en las propiedades mecánicas son esenciales para garantizar que los alambres producidos sean robustos y cumplan con los estándares de calidad exigidos.

Un aspecto que destaca la máquina trefiladora es su capacidad para producir alambres altamente homogéneos, manteniendo tolerancias de diámetro muy ajustadas. Esta homogeneidad es esencial para una amplia variedad de aplicaciones finales, ya que asegura que el producto final cumpla con las especificaciones exactas y los requerimientos específicos de cada aplicación. En este contexto se utilizan desde alambres extremadamente finos utilizados en la industria electrónica hasta alambres más gruesos necesarios en aplicaciones de construcción, la máquina trefiladora puede ajustarse para producir una gama diversa de productos, adaptándose a las necesidades de los clientes y los fines particulares de cada proyecto.

En conclusión, la máquina trefiladora TJK representa una tecnología clave en la producción de alambres al permitir el estiramiento y reducción de diámetro de materiales iniciales. Este proceso no solo mejora las propiedades mecánicas del alambre, sino que también garantiza una homogeneidad precisa y cumplimiento de tolerancias, lo que la convierte en un equipo indispensable en la industria de fabricación de alambres, en la figura 3 se representa la máquina TJK.



Figura 3 *Máquina TJK*

Elaborado por: TJK Steel Processing Machinery

Máquina Enderezadora DEM

La máquina enderezadora DEM, una pieza esencial para la elaboración de varilla trefilada, que posteriormente esta varilla trefilada se soldada y para la elaboración de mallas. Esta máquina se especializa en trabajar con alambres que necesitan ser sometido a un proceso de enderezamiento para facilitar su posterior procesamiento y aplicación. Esta maquinaria cuenta con un conjunto de rodillos y otros dispositivos mecánicos que permiten corregir deformaciones y curvaturas que suelen presentarse en estos materiales metálicos.

El proceso de enderezamiento que ejecuta la máquina DEM (ver figura 4), es ingenioso en su simplicidad y efectividad. Consiste en hacer pasar el material, en este caso alambres o alambres, a través de una sucesión de rodillos dispuestos en pares. Estos rodillos aplican presión y fuerza en puntos estratégicos, logrando enderezar las deformidades y asegurando que el alambre alcance una forma más lineal y uniforme. La disposición y diseño de la máquina enderezadora DEM pueden variar, siendo adaptados según las especificaciones y características particulares del material que se está procesando.

El resultado de este proceso es crucial para garantizar la calidad del material y su idoneidad para su uso posterior en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Al enderezar los materiales, se mejora significativamente su calidad y se asegura que cumplan con las dimensiones y tolerancias exigidas. Este perfeccionamiento es esencial para el éxito de los productos finales, contribuyendo a la fabricación eficiente y de alta calidad de materiales metálicos, que, a su vez, cumplen con los rigurosos estándares impuestos por la industria. En este sentido, la máquina enderezadora DEM juega un papel fundamental al posibilitar la producción de materiales metálicos que cumplen con los estándares de calidad requeridos, facilitando así su utilización en una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales.



Figura 4 *Máquina DEM*

Fuente: EVG, <https://evg.com/es/empresa/>

Máquina Electrosoldadora EVG

La máquina electrosoldadora EVG es se utiliza para la fabricación de mallas y alambres electrosoldados. Este tipo de máquina se especializa en unir alambres y crear mallas mediante un proceso de soldadura eléctrica por resistencia. Esta técnica de unión permite obtener conexiones sólidas y duraderas entre los alambres. El proceso de soldadura en la máquina electrosoldadora EVG se lleva a cabo utilizando corriente eléctrica. Los alambres son alimentados a través de la máquina y se cruzan en puntos específicos. En estos puntos de cruce, se aplica una corriente eléctrica que genera calor y funde el metal en esos puntos, creando así una soldadura sólida y duradera entre los alambres.

Este proceso se realiza de manera automatizada y precisa, garantizando una unión consistente y de alta calidad en toda la malla. La máquina electrosoldadora EVG permite producir mallas con diferentes características y especificaciones, adaptándose a las necesidades específicas de cada aplicación. La versatilidad de esta máquina radica en su capacidad para ajustar parámetros como la corriente eléctrica, la duración de la soldadura y la presión aplicada, lo que influye en la resistencia y durabilidad de la soldadura.

La máquina electrosoldadora EVG es esencial en la producción de mallas y alambres electrosoldados, permitiendo la unión eficiente y precisa de alambres mediante soldadura eléctrica por resistencia. Esto contribuye a la fabricación de productos

finales de alta calidad que cumplen con las exigencias de diversas aplicaciones industriales y comerciales.



Figura 5 *Máquina Electrosoldadora EVG*

Elaborado por: EVG, <https://evg.com/es/empresa/>

4.5. Descripción

Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, orientado hacia una investigación aplicada. Se centra en la generación de conocimiento a través del desarrollo de un sistema de control y monitorización. Este sistema facilita el adecuado funcionamiento de las centrales hidráulica y de lubricación de la máquina utilizada en la elaboración de mallas y trefilados. El objetivo primordial es mejorar la productividad y simplificar la manipulación del sistema de control, que implica tanto la programación del PLC como las modificaciones en la interfaz hombre-máquina (HMI).

En este contexto, el método cuantitativo se emplea para medir y cuantificar los resultados de la implementación de este sistema. Se recopilarán datos y métricas que permitirán evaluar el impacto de las rutinas desarrolladas en la eficiencia de las operaciones de producción, el rendimiento de las máquinas y otros indicadores relevantes. Estos datos se analizarán de manera objetiva y se utilizarán para respaldar las conclusiones y recomendaciones del estudio.

La investigación aplicada se enfoca en la resolución de problemas y en la creación de soluciones prácticas. En este caso, se busca aplicar el conocimiento adquirido para mejorar un proceso específico de fabricación y optimizar la utilización de recursos. La implementación de un sistema de control más eficiente permitirá alcanzar los objetivos de aumentar la disponibilidad de las máquinas y, por ende, mejorar la productividad en la planta de fabricación de acero. Además, se busca facilitar la gestión y operación

del sistema, lo cual contribuirá a un desempeño más eficaz y efectivo en la producción de mallas y trefilados.

4.6. Desarrollo de la propuesta

4.6.1. Análisis de la situación actual del sistema de lubricación

El área de mallas y trefilados no cuenta con un sistema de lubricación como tal, el proceso de análisis se inicia con un exhaustivo examen de los registros de producción de las máquinas, que contienen información detallada sobre las paradas que han ocurrido detalladas en la tabla 2. Estas paradas pueden ser de naturaleza eléctrica, mecánica, relacionadas con la producción o estar asociadas a aspectos auxiliares como energía, agua o aire. La documentación recopilada proporciona una visión integral de la eficiencia operativa y señala áreas de mejora potenciales.

Dentro del grupo de paradas mecánicas, se identifican problemáticas relacionadas con las centrales de lubricación y su correcto funcionamiento. Específicamente, se destacan problemas recurrentes, como las paradas debido a fugas de aceites, que indican pérdidas en la integridad del sistema de lubricación. Estas fugas no solo generan ineficiencias operativas, sino que también representan riesgos para la seguridad y pueden resultar en daños a los equipos y al medio ambiente.

Otro aspecto relevante es la presencia de paradas provocadas por temperaturas elevadas del aceite en las centrales. Estas altas temperaturas pueden deberse a varios factores, como una lubricación inadecuada, un sistema de enfriamiento insuficiente o una operación exigente de la maquinaria. Cabe aclarar que estos problemas térmicos no solo reducen la eficiencia y la vida útil de los lubricantes, sino que también impactan negativamente en la eficacia global de la máquina y pueden llevar a costosos tiempos de inactividad no planificados.

Además, se observa que las paradas relacionadas con elementos remordidos también son recurrentes. Este tipo de paradas apunta a problemas en los componentes de las centrales de lubricación que han experimentado desgaste o daños, afectando así el flujo adecuado de aceite y comprometiendo la funcionalidad del sistema. Es fundamental abordar estos problemas para garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir posibles averías en la maquinaria.

Tabla 2*Catálogo de paras antes de la implementación del programa de lubricación.*

DESCRIPCIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	total
AÑO 2021													
Fugas y derrames en las centrales	20						18						38
Nivel mínimo de aceite			12					6					18
Temperatura del aceite	5	4	3	5	2	3	7	5	2	2	1	3	42
Paras por nivel de presión	10					9		7		16			42
Sellados herméticos	3			2					3				8
Elementos remordidos	4		7		3		2					1	17
Respiraderos inadecuados	3		1		4	3		3	3		2		19
Quemaduras por fricción en piñones						3							3

Contaminación de aceite por partículas no ferrosas				20	25			45
Reservorios de aceite en mal estado							3	3
Rayaduras de eje y desgaste prematuro							175	175
Averías en eje motriz			5	2		13		22
Fisuras por desgaste			4		3	5	8	20
Centrales descubiertas	2				2		3	7
Contaminación agua - aceite	3		4		9		7	24
Aumento de vibración y ruido	6	9	16		2		12	46

Elaborado por: La investigadora

Se evidencia físicamente los problemas encontrados en las centrales:

Contaminación severa de los aceites con sólidos y agua, la contaminación de los aceites con sólidos y agua es un problema grave que afecta la eficiencia y la vida útil de los sistemas y maquinarias que dependen de estos lubricantes la presencia de agua en el aceite también es perjudicial. El agua puede emulsionarse con el aceite, lo que lleva a la formación de una mezcla no deseada que reduce la capacidad de lubricación del aceite y puede generar corrosión en las partes metálicas. La corrosión es un problema grave que puede dañar irreparablemente los componentes de la maquinaria y reducir su vida útil. En la figura 6 se puede apreciar la contaminación del aceite.

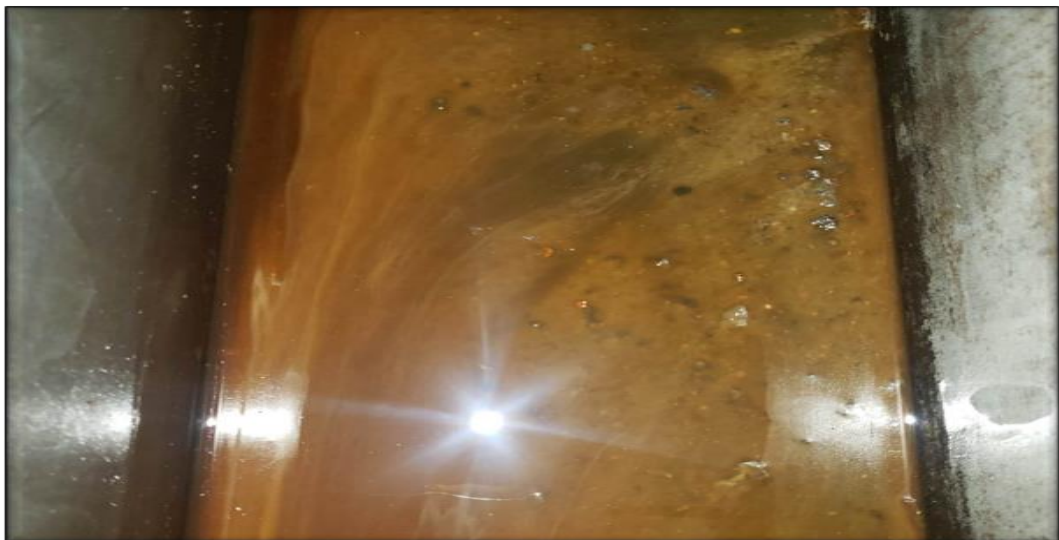


Figura 6 *Contaminación del aceite por partículas y agua.*

Fuente: Novacero SA.

Otro problema encontrado son las fugas de aceite debido a la falta de sellado, representan una problemática significativa en el entorno operativo de las máquinas (ver Figura 7). Este fenómeno se origina cuando los sistemas de sellado de las centrales de lubricación no están funcionando de manera óptima, permitiendo que el aceite se escape de las conexiones y puntos de sellado designados.

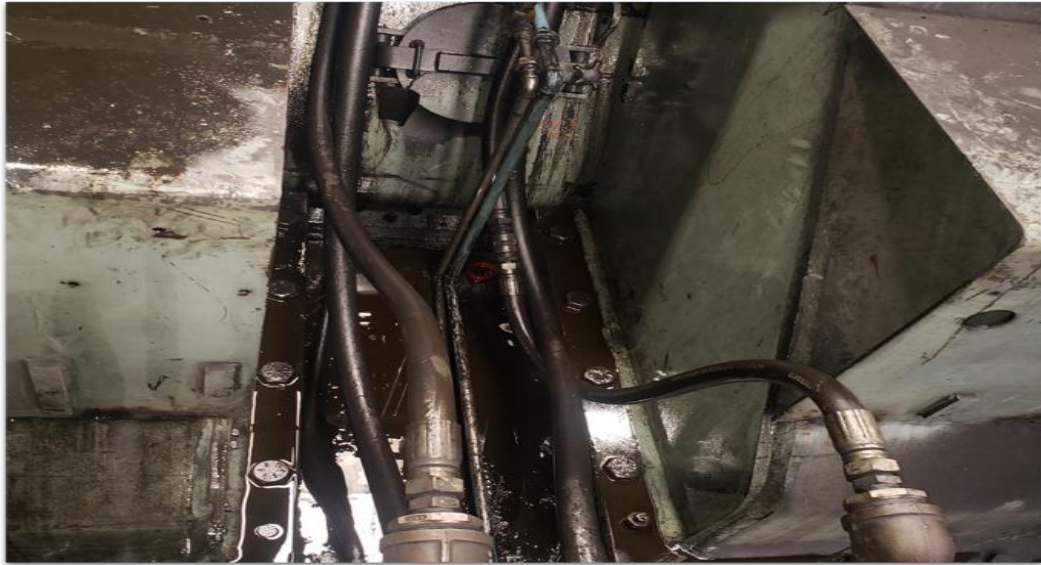


Figura 7 *Fuga de aceite por falla de sellos.*

Fuente: Novacero SA.

También se evidencia la falta de asignación de responsabilidades, estandarización y documentación para el correcto manejo y mantenimiento de centrales, y del aceite como fluido de trabajo (ver Figura 8). La falta de asignación clara de responsabilidades, estandarización y documentación en el manejo y mantenimiento de las centrales y el aceite como fluido de trabajo representa un desafío crítico en el entorno industrial. Esta carencia implica que no existen roles y responsabilidades definidos de manera precisa para garantizar que las centrales estén siendo operadas y mantenidas de acuerdo con las mejores prácticas.



Figura 8 *Falta de mantenimiento en las centrales.*

Fuente: Novacero SA.

Se pretende establecer asignación de responsabilidades clara, estandarización y documentación exhaustiva para el manejo y mantenimiento de las centrales y el aceite para asegurar un funcionamiento eficiente, confiable y seguro de las máquinas. Esto no solo garantiza la consistencia en las operaciones, sino que también facilita la toma de decisiones informadas y el desarrollo y transmisión del conocimiento en el entorno laboral. Es fundamental abordar esta falta de estructura y establecer un marco sólido que promueva las mejores prácticas en la gestión y cuidado de estos activos críticos.

Otro problema identificado son las averías en el eje motriz como se aprecia en la figura 9, representan un problema crítico en la operatividad y rendimiento de las máquinas. Estas averías suelen estar relacionadas con componentes esenciales del sistema de transmisión y propulsión, incluyendo ejes, rodamientos, acoplamientos y otros elementos fundamentales. Entre las causas comunes de averías graves en el eje motriz se encuentran la fatiga por carga, desgaste excesivo, corrosión, lubricación inadecuada, sobrecargas, impactos inesperados, vibraciones y desalineación. Estos factores pueden debilitar la integridad estructural y funcional del eje motriz, conduciendo a fallas catastróficas y daños extensos en la maquinaria.



Figura 9 *Averías en el eje motriz*

Fuente: Novacero SA.

Para prevenir estas averías, es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo sólido que incluya inspecciones regulares, análisis de vibraciones, monitoreo de la lubricación, alineación adecuada de los componentes, y reemplazo o reparación oportuna de piezas desgastadas. Asimismo, la formación y

capacitación del personal en la identificación temprana de signos de deterioro en el eje motriz resulta crucial para anticipar posibles problemas y evitar averías graves.

De igual manera en la figura 10, se observa rayaduras en los ejes y el desgaste prematuro de los mismos, afectando la integridad y el rendimiento de los componentes esenciales en la maquinaria. Estas condiciones se traducen en daños en la superficie de los ejes, lo que puede llevar a una disminución significativa de la eficiencia operativa y, en última instancia, a una falla de la maquinaria si no se abordan adecuadamente.



Figura 10 *Rayadura de ejes.*

Fuente: Novacero SA.

Para prevenir las rayaduras en ejes y el desgaste prematuro, es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo efectivo. Esto incluye la selección y aplicación adecuada de lubricantes, la monitorización regular del estado de los ejes y componentes, la alineación correcta de las máquinas y la capacitación del personal para garantizar un manejo adecuado de los equipos.

También se puede evidenciar que se utilizan métodos de filtrado poco eficientes para separar impurezas o partículas no deseadas del fluido, no logran hacerlo de manera completa o efectiva, los mismos presentar deficiencias en términos de capacidad de retención de partículas, rapidez en la filtración, durabilidad, o simplemente no cumplen con los estándares requeridos para garantizar la pureza adecuada del fluido (ver figura 11).



Figura 11 *Filtrado de aceite poco eficiente*

Fuente: Novacero SA.

Por otra parte, uno de los desafíos que se enfrentan en la organización es la falta de capacitación adecuada del personal en relación con el TPM. Este es un problema común que puede repercutir negativamente en la implementación y el éxito de esta metodología. El TPM se basa en la participación de todos los empleados, desde los operarios hasta la alta dirección. Requiere una comprensión profunda de los principios del TPM, que incluyen la importancia del mantenimiento preventivo, la autogestión del equipo y la mejora continua.

Se evidencia que el personal no está debidamente capacitado en estos aspectos, la falta de capacitación en TPM puede manifestarse se manifiesta en varios aspectos. Por ejemplo, el personal puede no comprende plenamente los beneficios de implementar TPM, lo que lleva a una resistencia al cambio y a la falta de compromiso con la metodología. Asimismo, existen dificultades para establecer rutinas de mantenimiento preventivo, identificar y solucionar problemas de manera proactiva, y llevar a cabo actividades de mejora de manera eficiente.

4.7. Diseño del programa de lubricación

Par el diseño del programa de lubricación se parte de la relación entre el TPM y la Industria 4.0 es simbiótica y altamente beneficiosa, por un lado, el TPM se nutre de las tecnologías de la Industria 4.0 para potenciar sus objetivos: la monitorización en tiempo real, el análisis predictivo de fallas, la optimización de rutas de mantenimiento y la planificación basada en datos son solo algunos ejemplos de cómo la integración de tecnologías de la Industria 4.0 fortalece la estrategia TPM.

Por otro lado, el TPM es esencial para maximizar los beneficios de la Industria 4.0. La eficiencia operativa que busca el TPM proporciona la base necesaria para implementar tecnologías 4.0 de manera efectiva. Una planta que ha aplicado TPM de manera exitosa tiene procesos más estables, menos pérdidas y un mayor compromiso de los empleados, lo que facilita la adopción de soluciones 4.0 y amplifica su impacto en la productividad y la calidad.

En este contexto, el TPM actúa como un pilar clave al garantizar que los activos estén en óptimas condiciones y funcionando sin interrupciones. La recopilación y análisis de datos en tiempo real permiten una toma de decisiones más informada, lo que mejora la planificación de mantenimiento preventivo y predictivo.

Los sensores integrados en las centrales y equipos recopilan datos sobre su rendimiento y estado. El TPM aprovecha estos datos para monitorear el nivel, presión y temperatura del aceite, en la Figura 9 se aprecia un modelo general para el monitoreo de estos datos, para de esta forma predecir fallos y coordinar intervenciones de mantenimiento. Esto no solo reduce el tiempo de inactividad no planificado, sino que también optimiza la eficiencia de la producción y prolonga la vida útil de los activos.

La combinación del TPM y la Industria 4.0 representa una evolución en la gestión del mantenimiento y la operación industrial, proporcionando un entorno más inteligente y eficiente con un enfoque proactivo en la mejora continua y la optimización de la productividad.

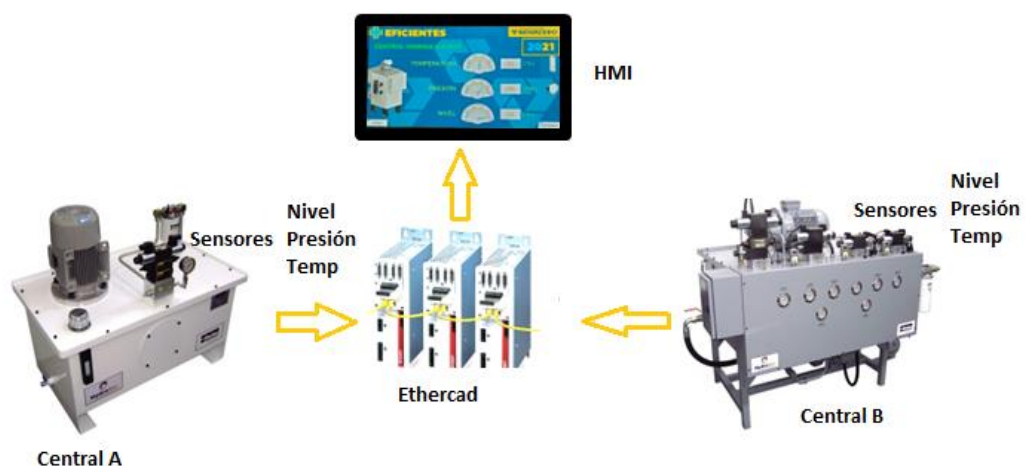


Figura 12 Estructura general del modelo de monitoreo planteado.

Elaborado por: La investigadora

La estructura presentada para el sistema se puede dividir en tres fases distintas, cada una desempeñando un papel crucial en el funcionamiento general y la eficiencia del sistema. En la primera fase, nos encontramos con los recursos físicos esenciales. Estos incluyen las centrales de lubricación e hidráulicas, equipos especializados, una amplia gama de sensores y dispositivos fijos fundamentales para el monitoreo adecuado del sistema. Uno de estos dispositivos clave es la tarjeta AI04, que juega un papel central en la adquisición y transformación de señales analógicas, brindando datos cruciales para el funcionamiento óptimo del sistema.

La segunda fase de la estructura es donde se establece la comunicación vital entre las diferentes capas del sistema. Esto se logra a través de una tarjeta Ethercad, que actúa como un puente facilitador para el intercambio de datos entre los diversos componentes. Los protocolos de comunicación que se utilizan aprovechan la red de Internet local de la empresa, garantizando una comunicación eficiente y segura entre los elementos del sistema.

En la última capa de esta estructura se encuentra la interfaz visual y el punto central de almacenamiento de indicadores cruciales. Aquí es donde los datos adquiridos, como la presión, el nivel y la temperatura de los aceites, se presentan en tiempo real a través de un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) de visualización. Esta interfaz permite a los operadores y técnicos de mantenimiento recibir alertas instantáneas, categorizar paradas y observar múltiples indicadores en tiempo real. Esto proporciona una visión detallada y en tiempo real del rendimiento del sistema, lo que facilita la toma de decisiones informadas y rápidas para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema en todo momento.

Esta estructura en fases proporciona una base sólida para el sistema en su conjunto, asegurando que cada componente y capa cumpla su función asignada de manera efectiva, contribuyendo así al rendimiento general y la eficiencia operativa del sistema.

Descripción de cómo funciona el modelo propuesto y los componentes utilizados

El proceso de monitoreo de las máquinas constituye un aspecto crítico en la gestión y mantenimiento efectivos de los equipos industriales (ver Figura 10). Este monitoreo se lleva a cabo mediante un sistema bien estructurado y tecnológicamente avanzado, en el cual intervienen diferentes componentes para garantizar una operación eficiente y segura.

En esta dinámica de monitoreo, la primera pieza clave son los sensores distribuidos estratégicamente en las máquinas. Estos sensores cumplen una función esencial al recopilar datos cruciales sobre diversos aspectos operativos y de funcionamiento de las máquinas. Estos datos abarcan parámetros como la presión, temperatura, niveles y otros indicadores relevantes que proporcionan información valiosa sobre el rendimiento y el estado de las máquinas.

Una vez recopilados, estos datos son transmitidos de manera precisa y eficiente a un dispositivo central fundamental en la estructura del sistema: la tarjeta AI04. La tarjeta AI04 actúa como una unidad de adquisición y procesamiento inicial de los datos provenientes de los sensores. En este punto, los datos son transformados a un formato manejable y se preparan para ser procesados en las siguientes etapas.

La siguiente fase involucra la tarjeta Ethercad, un componente esencial para la comunicación y transmisión fluida de los datos procesados. La tarjeta Ethercad es la encargada de recibir los datos procesados provenientes de la tarjeta AI04. Aquí, los datos son sometidos a un análisis adicional y se preparan para su distribución a las interfaces de visualización y control.

La última etapa de este proceso se materializa a través de la pantalla CMT3162X, un componente esencial de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI). En este punto, los datos que han sido meticulosamente procesados y organizados encuentran su representación gráfica y legible para los operadores y técnicos de mantenimiento. Esta interfaz actúa como un puente crucial entre la maquinaria y el personal humano que interactúa con ella, facilitando una comunicación efectiva y una comprensión completa del estado operativo de las máquinas.

Además, la pantalla HMI facilita la clasificación de las paradas, lo que es esencial para comprender las interrupciones en la producción y su relación con los distintos parámetros monitorizados. Esta clasificación contribuye a una mejor comprensión de las razones detrás de cada parada, permitiendo así un enfoque más efectivo hacia la solución de problemas y la implementación de mejoras continuas (ver Figura 13).



Figura 13 Diagrama para obtener los datos de las centrales

Elaborado por: La investigadora

4.8. Equipos y Materiales

En la tabla 3 se detalla los materiales utilizados en la investigación:

Tabla 3

Equipos y Materiales

Equipos - Materiales	Cantidad
Visor nivel 7" sna-176-b-s-t-12	3
Termómetro 0 – 115°C 3"tbm/th1/2"	3
Sensor de temperatura MTR11 4-20mA	3
Sensor de nivel capacitivo Tipo C FMI51 4-20mA	3
Sensor de presión Tipo W PMP21 4-20mA	3
Respiradero desecante 39114 20CFM	3
Puerto de muestreo Minimess PM.14-25	3
Manómetro 0-300 Bar 2.5" T/INF 1/4" PFP GL	3
Microscopio Digital	1
Sistema portátil de monitorización de partículas	1
Tarjeta AI04	1
Pantalla CMT3162X	1
Computador	1

Elaborado por: La investigadora

El "Visor nivel 7" SNA-176-B-S-T-12 es un componente esencial en la instrumentación visual de una central, ya que permite la visualización clara y precisa del nivel de aceite en tres estados: máximo, de trabajo y mínimo. Esta información es crucial para mantener un control efectivo sobre el lubricante en uso.

Por otro lado, el "Termómetro 0-115°C 3" TBM/THS1/2"" es una herramienta visual fundamental que permite monitorear la temperatura del lubricante durante su operación. Esto es crucial para asegurar que el aceite se encuentre dentro de los rangos de temperatura óptimos para su funcionamiento.

Además, contamos con instrumentación analógica como el "Sensor de temperatura MTR11 4-20mA", que permite un control en tiempo real de la temperatura del fluido, y el "Sensor de presión Tipo W PMP21 4-20mA", que brinda información en tiempo real sobre la presión del fluido, ambos de gran importancia para mantener el correcto funcionamiento del sistema.

Asimismo, el "Sensor de nivel capacitivo Tipo C FMI51 4-20mA" es una herramienta analógica esencial para el monitoreo en tiempo real del nivel de aceite en la central, garantizando un manejo adecuado de los fluidos.

En cuanto a accesorios visuales y de muestreo, contamos con el "Respiradero desecante 39114 20CFM" que permite la correcta respiración de la central y muestra la saturación mediante un cambio de color en la sílica gel, y el "Puerto de muestreo Minimes PM.14-25" que facilita la toma de muestras de aceite en el tanque.

Adicionalmente, se dispone del "Manómetro 0-300 Bar 2.5" T/INF1/4" PFP GL", que proporciona una visualización precisa de la presión de trabajo del lubricante, y herramientas como el "Microscopio Digital" para observar el tamaño de contaminantes sólidos y metales en una muestra de aceite.

Finalmente, el "Sistema portátil de monitorización de partículas" es una herramienta crucial que permite obtener información sobre el nivel de limpieza de muestras de aceite tanto en frascos como en líneas de presión, contribuyendo a mantener altos estándares de calidad en el proceso. En conjunto, todas estas herramientas y accesorios forman un sistema completo que garantiza un control efectivo y preciso del lubricante en la central, La adopción de tecnologías y herramientas modernas como esta demuestra un compromiso firme con la excelencia operativa y un enfoque progresivo hacia la mejora continua en el sector industrial. Con la ayuda de esta herramienta, se

puede elevar el nivel de calidad en la producción y mantener los altos estándares que son cruciales en el entorno industrial actual.

Tabla 4

Presupuesto

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo
Visor nivel 7" sna-176-b-s-t-12	3	un	105,00
Termómetro 0 – 115°C 3"tbm/ths1/2"	3	un	310,50
Sensor de temperatura MTR11 4-20mA	3	un	1.269,57
Sensor de nivel capacitivo Tipo C FMI51 4-20mA	3	un	930
Sensor de presión Tipo W PMP21 4-20mA	3	un	2.490
Respiradero desecante 39114 20CFM	3	un	1.041
Puerto de muestreo Minimes PM.14-25	3	un	272,49
Manómetro 0-300 Bar 2.5" T/INF1/4" PFP GL	3	un	135
Total			6.553,56

Elaborado por: La investigadora

4.9. Implementación del programa de lubricación.

La implementación del programa de lubricación está compuesta por dos fases, desarrolladas en el área de mallas y trefilados, se seleccionó las tres máquinas utilizadas para la elaboración de mallas y trefilados, para aplicar la arquitectura de monitoreo en tiempo real de la situación de las centrales. El adecuado funcionamiento de estas máquinas es esencial para la elaboración de los productos, su correcto

mantenimiento es esencial, ya los procesos de producción son continuos, y su mal funcionamiento generan retrasos en la producción.

En la Figura 14 se aprecian las centrales de las máquinas (EVG- TJK – DEM) que cuenta con motores eléctricos que pueden ocasionar desequilibrios de fase y, en consecuencia, un alto consumo de energía.



Figura 14 Centrales para la implementación del programa de lubricación

Elaborado por: La investigadora

Cómo primera fase es el proceso para la recolección y lectura de los datos comienza con la recopilación de datos de señales cruciales como presión, temperatura y nivel provenientes de las centrales hidráulicas de las máquinas trefiladoras TJK, DEM y la electrosoldadora EVG, estas señales nos proporcionan los sensores instalados en cada central. En el pasado, estas máquinas no estaban controladas, lo que resultaba en incidencias debido a pérdidas de presión, variaciones de temperatura y niveles bajos. Ahora, se han instalado dispositivos para medir estas señales, los cuales generan una salida analógica en un rango de 4 a 20 mA.

Posteriormente, esta salida analógica es adquirida por la tarjeta AI04 y transformada en un valor entero entre 0 y 32000. Este valor se convierte en unidades de presión en bares, con un rango que abarca desde 0 hasta 100 PSI. Similarmente, la temperatura se convierte de 0 a 150 grados centígrados y el nivel se representa en un rango de 0 a 100%. Este proceso de conversión se realiza utilizando la parte incorporada del PLC en la pantalla, que es programada a través de la aplicación Codesys.

Cada central hidráulica está equipada con una cabecera EtherCAT junto a una tarjeta analógica correspondiente. Estas tarjetas tienen la función de adquirir los datos y transmitirlos al HMI, localizado en el pulpito de mallas. En este HMI, el jefe de turno y los operadores monitorean las señales y reciben alertas si alguno de los parámetros

excede los rangos de trabajo establecidos para cada máquina En la Figura 15 se visualiza el diagrama de flujo para mostrar los datos en el HMI .

Este proceso permite un control más efectivo y en tiempo real de las condiciones críticas de las máquinas, mejorando así la eficiencia y el rendimiento de la producción en la planta.

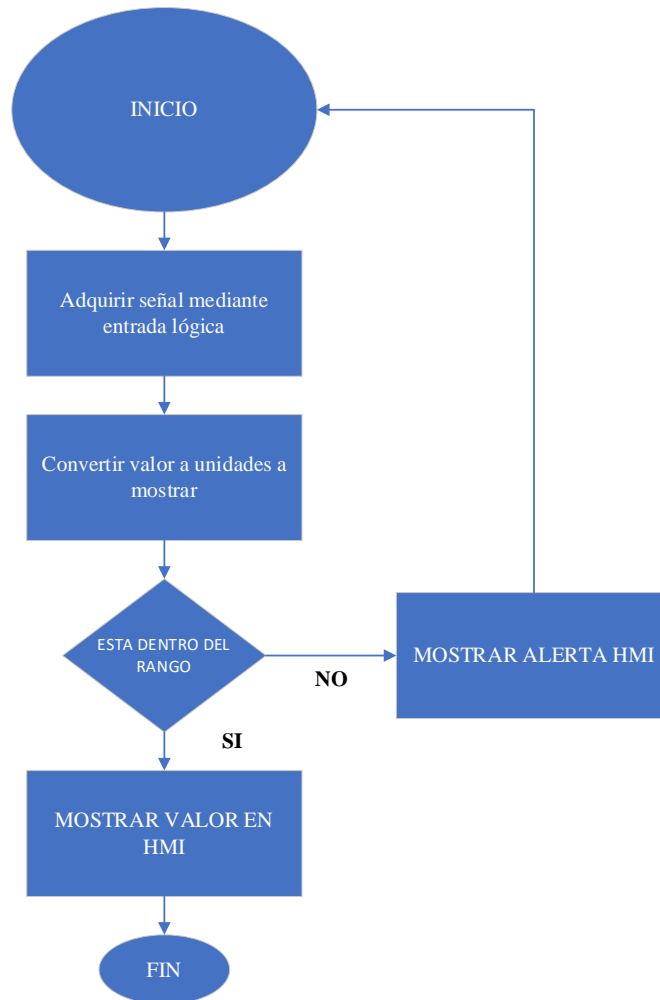


Figura 15 *Diagrama de flujo del para la programación*

Elaborado por: La investigadora

Luego de completar meticulosamente todo este proceso, se despliega ante el usuario la interfaz que facilita la interacción y el monitoreo continuo. En la Figura 16, podemos apreciar con claridad los distintos parámetros que son cruciales para el funcionamiento óptimo de la central hidráulica EVG. Estos parámetros son la temperatura, nivel y presión, elementos esenciales que brindan una imagen completa y detallada del estado operativo de la central.

La visualización de estos parámetros en tiempo real representa una ventana abierta hacia el corazón mismo de la operación industrial. La temperatura, como indicador vital, nos proporciona información sobre el calor generado por la operación de la central. Esta lectura es fundamental para garantizar que la temperatura se encuentre dentro de los límites óptimos de funcionamiento, evitando así sobrecalentamientos que podrían afectar la eficiencia y la vida útil de los componentes. Por otro lado, el nivel y la presión son datos que ofrecen datos valiosos sobre la disponibilidad de aceite en la central y la eficacia de su distribución a través del sistema.

Un nivel adecuado de aceite es esencial para mantener el equipo funcionando sin problemas, mientras que una presión óptima asegura que el fluido llegue de manera efectiva a donde se necesita. La correcta visualización de estos parámetros otorga a los operadores y técnicos la capacidad de tomar decisiones informadas y actuar de manera proactiva para mantener un rendimiento óptimo.

Esta interfaz de usuario, que muestra en tiempo real estos parámetros críticos, se convierte en una herramienta clave para el personal de mantenimiento y operación. Facilita la identificación temprana de posibles problemas o anomalías en la central hidráulica, permitiendo la toma de acciones preventivas antes de que se conviertan en fallas costosas o detenciones no programadas.



Figura 16 Visualización de Datos en el HMI

Elaborado por: La investigadora

Después de verificar la aplicabilidad del sistema, se procedió a la siguiente fase. Esta fase, presentada en este trabajo, consiste en introducir la metodología TPM basada en

los pilares fundamentales. Se comenzó a trabajar en la planificación del pilar de mejora específico para aumentar la disponibilidad de las máquinas, donde se identificaron las pérdidas de productividad del proceso para eliminarlas o reducirlas.

Una herramienta de calidad ampliamente utilizada para el análisis de problemas y la toma de decisiones es el diagrama de Pareto. Este diagrama (Figura 17) permite ordenar los datos en orden descendente de ocurrencias. De esta manera, se observaron las causas de las pérdidas de productividad en las máquinas de elaboración de mallas durante 12 meses.

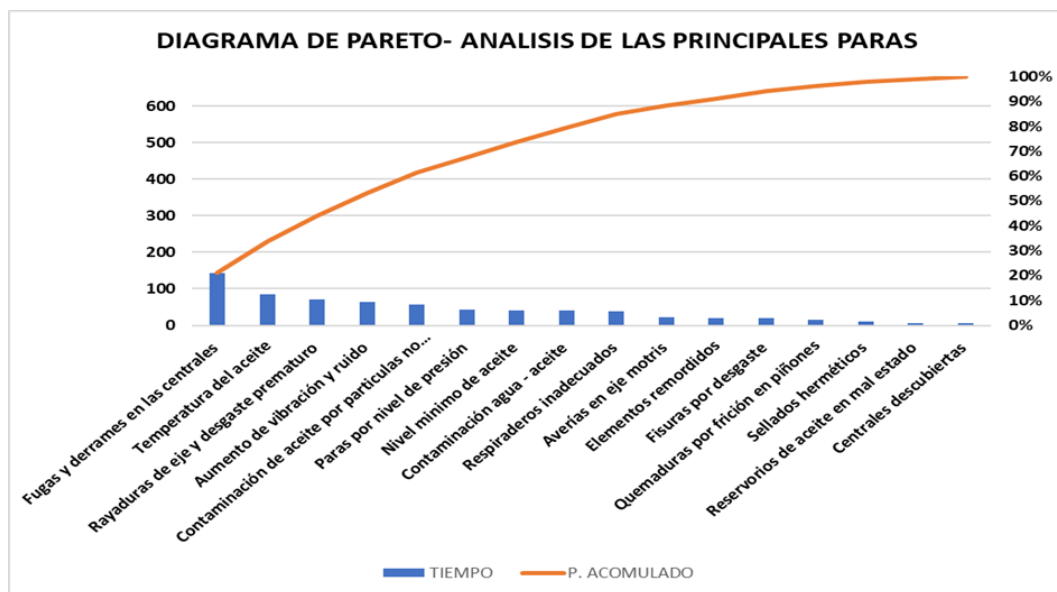


Figura 17 Diagrama de Pareto – Análisis de las principales paras

Elaborado por: La investigadora

En el análisis de los principales modos de fallos, según el diagrama de Pareto mostrado en la Figura 17, las causas más significativas de las pérdidas de producción durante el proceso son: fugas y derrames en las centrales, temperatura (alta o baja) de los aceites, desgaste prematuro de piezas, aumento de vibración y ruido, siendo las más significativas. Basándose en el análisis de datos, se busca introducir los siguientes pilares con el objetivo de diseñar planes y acciones a llevar a cabo para aumentar la disponibilidad de las máquinas.

Mantenimiento Autónomo: permite combinar el conocimiento técnico del departamento de mantenimiento con la experiencia adquirida en el uso diario de la máquina. Este procedimiento permite que los operadores realicen tareas simples, como lubricación, limpieza, controles visuales y manuales y reemplazo de algunos

componentes dañados. La implementación del Mantenimiento Autónomo en las centrales de lubricación - hidráulicas siguió un plan predefinido donde se determinaron todas las fases del proyecto y las operaciones necesarias en cada una de ellas. El plan se basó en los siete pasos del mantenimiento autónomo.

El primer paso consistió en implementar las 5S, con el objetivo de eliminar todo el polvo y la suciedad del equipo seleccionado y su entorno. En el segundo paso, se eliminaron posibles fuentes de suciedad y polvo para evitar su dispersión, mejorar la accesibilidad para la limpieza y, de esta manera, optimizar el tiempo de limpieza, como tercer paso el registro de actividades, que consiste en llenar la ficha o hoja de TPM (Anexo D).

Para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) con éxito requiere un enfoque integral, incluyendo una estrategia sólida de capacitación y entrenamiento para el personal involucrado. A continuación, se detalla el entrenamiento para el personal involucrado:

- **Introducción al TPM:**

Objetivos y beneficios del TPM: Explicar por qué se está implementando el TPM y los beneficios que traerá tanto a nivel organizacional.

Conceptos y principios del TPM: Detallar los principios básicos del TPM, como el enfoque centrado en el operador, el mantenimiento autónomo, la mejora continua.

- **Pilar de Mantenimiento Autónomo:**

Definición y propósito: Explicar qué es el Mantenimiento Autónomo y su importancia en la estrategia global del TPM.

Formación sobre limpieza y lubricación: Entrenamiento sobre las mejores prácticas para la limpieza, lubricación y cuidado básico de las máquinas.

Autogestión del equipo: Capacitar al personal para realizar inspecciones y mantenimiento básico de sus equipos.

- **Pilar de Mantenimiento Planificado:**

Planificación y programación de mantenimiento: Enseñar a planificar y programar mantenimientos preventivos y predictivos eficazmente.

- **Pilar de Mantenimiento Calificado:**

Desarrollo de habilidades técnicas: Proporcionar entrenamiento específico para mejorar las habilidades técnicas necesarias para llevar a cabo mantenimientos de alta calidad.

Capacitación sobre equipos y herramientas: Entrenar en el uso adecuado de herramientas y equipos de diagnóstico y mantenimiento.

- **Pilar de Mejora Focalizada:**

Metodologías de mejora: Introducir métodos 5S, para lograr mejoras continuas en procesos y operaciones.

Resolución de problemas: Enseñar técnicas para identificar, analizar y resolver problemas de manera efectiva.

- **Pilar de Seguridad, Salud y Medio Ambiente:**

Conciencia de seguridad: Capacitar sobre prácticas seguras en el entorno de trabajo y la importancia de la seguridad en la operación diaria.

Conciencia medioambiental: Educar sobre la importancia de la sostenibilidad y cómo minimizar el impacto ambiental en las operaciones.

- **Trabajo en Equipo y Comunicación:**

Dinámicas de equipo: Fomentar la colaboración y el trabajo en equipo mediante ejercicios y actividades grupales.

Comunicación efectiva: Entrenar en habilidades de comunicación para garantizar una comunicación clara y eficiente en todos los niveles.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

La comparación entre la situación actual y el estado previo a la implementación del proyecto es fundamental para evaluar de manera precisa el impacto y los beneficios que ha generado la introducción de cambios y mejoras en el proceso de producción. Para realizar esta comparación de manera efectiva, se deben considerar varios parámetros de análisis que arrojen una imagen completa de la situación y permitan una evaluación detallada.

Uno de los principales aspectos a evaluar son los tiempos de parada de producción debidos a fallos en las máquinas. Estos tiempos de parada indican la cantidad de tiempo que una máquina no está en funcionamiento debido a problemas o averías. Comparar estos tiempos antes y después de la implementación del proyecto proporciona información valiosa sobre la efectividad de las mejoras realizadas.

Reducir estos tiempos puede traducirse en una mayor disponibilidad de las máquinas y, por lo tanto, en una mejora en la productividad general del proceso.

Además, es esencial analizar el funcionamiento de las máquinas en detalle. Esto incluye evaluar cómo operan las máquinas, su eficiencia en la producción, la estabilidad de los procesos y la calidad de la producción. Identificar mejoras en estos aspectos es crucial para aumentar la eficiencia y garantizar que las máquinas estén operando de manera óptima.

El costo de producción es otro factor clave en esta comparación. Analizar cómo han variado los costos asociados a la producción de los productos es vital para entender el impacto financiero del proyecto. Esto implica evaluar tanto los costos directos como los indirectos, como los relacionados con mantenimiento, adquisición de materiales y mano de obra. Asimismo, evaluar la productividad de las máquinas es fundamental. Se trata de medir cuánto se ha incrementado la capacidad de producción por unidad de tiempo después de las mejoras implementadas. Un aumento en la productividad indica que las máquinas están produciendo más en menos tiempo, lo cual es un indicador positivo del éxito de las intervenciones realizadas.

La comparación exhaustiva entre la situación actual tras la implementación del proyecto y la situación previa a su ejecución implica un análisis detallado y profundo de múltiples parámetros esenciales. Estos parámetros incluyen, entre otros, los tiempos de parada en la producción, un análisis minucioso del funcionamiento de las máquinas, el costo total de producción y la productividad global del entorno operativo. Esta evaluación minuciosa y completa proporciona una comprensión holística de la forma en que el proyecto ha dejado su huella en el proceso de producción. Además, ofrece una perspectiva clara para tomar decisiones informadas en futuras iteraciones, mejoras y optimizaciones.

En particular, cuando examinamos el porcentaje de interrupciones relacionadas con las centrales de lubricación e hidráulicas, se evidencia una mejora sustancial y tangible post implementación. Se ha logrado una reducción significativa de aproximadamente 555 minutos al año en paradas no planificadas. Este resultado, traducido en términos de producción, equivale a un aumento considerable de 456 toneladas en la producción anual. La Figura 18, que representa gráficamente estos tiempos de parada no planificados antes de la adopción del nuevo sistema, brinda una visualización impactante de la mejora alcanzada.

Este cambio drástico y positivo en la eficiencia operativa demuestra la efectividad y el impacto directo que ha tenido la implementación del proyecto en la productividad global de la planta. No solo ha reducido los tiempos de inactividad no planificados, sino que también ha optimizado la producción y ha contribuido significativamente al rendimiento general del proceso industrial.

Estos datos y análisis respaldan claramente la inversión y esfuerzos dedicados al proyecto, estableciendo una base sólida para futuras estrategias de mejora y desarrollo en el ámbito de la gestión de mantenimiento y producción. Es un ejemplo claro de cómo las intervenciones estratégicas pueden transformar positivamente la eficiencia y la productividad en un entorno industrial complejo y dinámico.

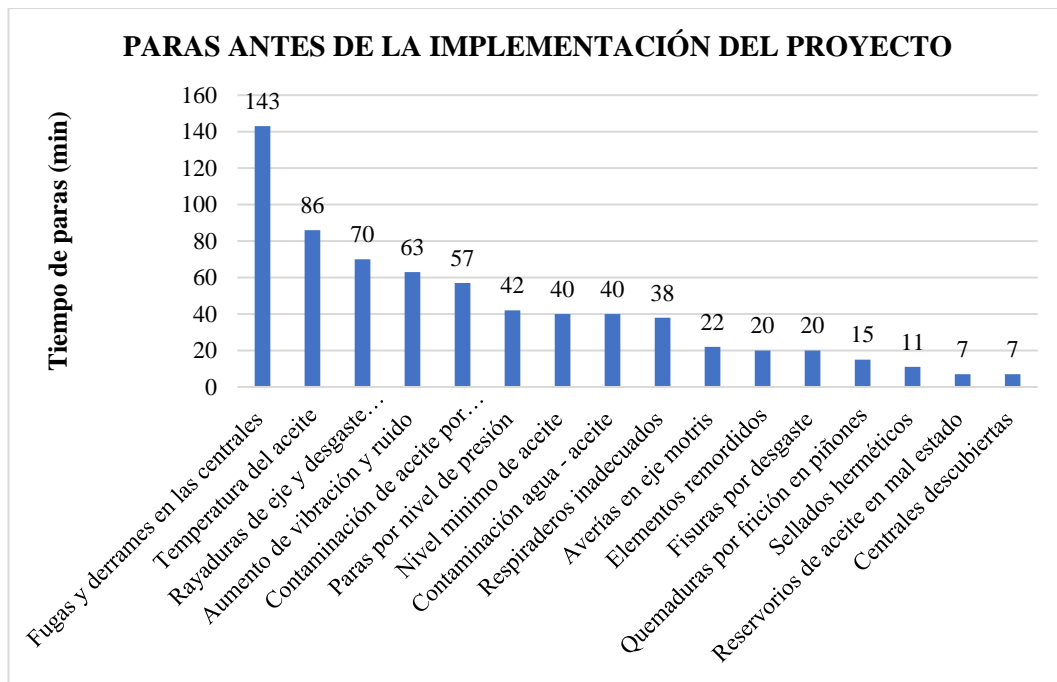


Figura 18 *Paras antes de la implementación del proyecto.*

Elaborado por: La investigadora

Al analizar las incidencias previas y posteriores a la ejecución de este proyecto, representadas gráficamente en la Figura 19, se puede apreciar una reducción significativa en la principal causa de paradas: el incremento en vibración y ruido de las máquinas. Este fenómeno es inherente a la estructura de las máquinas, generando vibraciones y ruidos durante su funcionamiento. Sin embargo, tras la aplicación del proyecto, este factor también se vio notablemente disminuido.

Es esencial señalar que algunos factores experimentaron una disminución total, como las fugas y derrames en las centrales, las temperaturas elevadas del aceite y los problemas relacionados con los sellados herméticos. Estos resultados positivos se atribuyen directamente a la implementación exitosa del TPM y la optimización del sistema de control de la lubricación.

Además, se observó una mejoría sustancial en la gestión y mantenimiento de los elementos clave, como la adecuada selección y empleo de respiraderos apropiados, el mantenimiento óptimo de los reservorios de aceite y la conservación en buen estado de todas las centrales, que ahora están debidamente cubiertas y en condiciones óptimas. Estos logros son consecuencia directa de la correcta aplicación de las estrategias y tecnologías propuestas en el proyecto, evidenciando así los beneficios y mejoras tangibles que han sido alcanzados

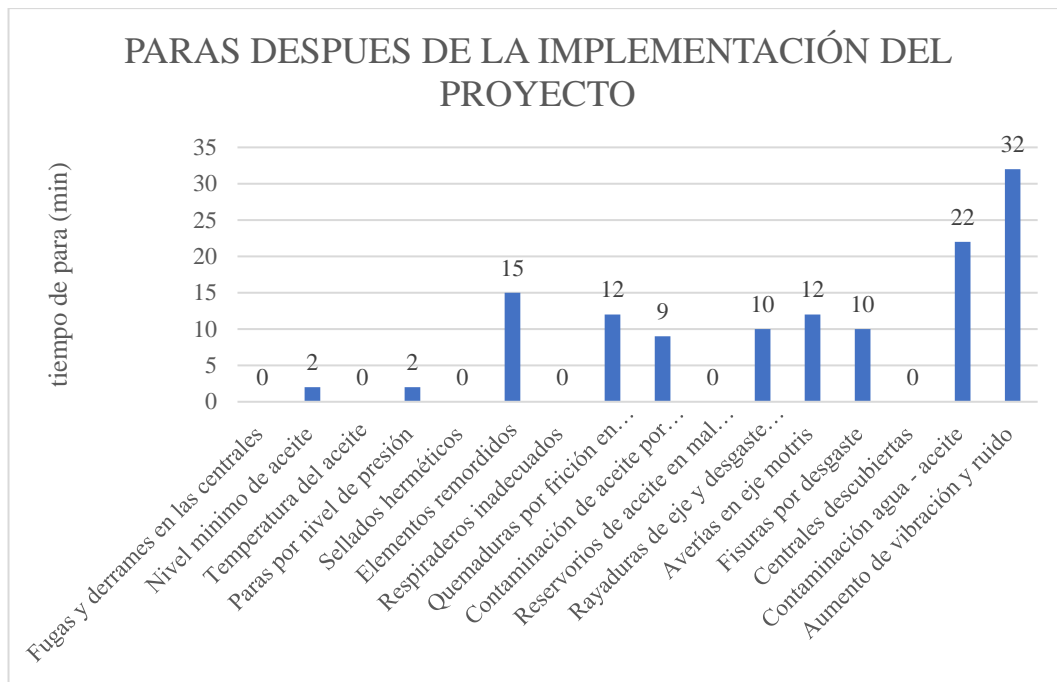


Figura 19 *Paras después de la implementación del proyecto*

Elaborado por: La Investigadora.

Durante la etapa previa a la implementación del proyecto, las principales interrupciones en la producción se relacionaban de manera significativa con las fugas y derrames que ocurrían en las centrales hidráulicas y de lubricación. Estos problemas surgían como resultado de la carencia de un control efectivo de monitoreo y la ausencia de un registro detallado sobre la limpieza y revisión de las máquinas. La falta de un sistema organizado para abordar estos asuntos llevaba a que las intervenciones para resolverlos se realizaran de manera reactiva y emergente, lo cual generaba un impacto negativo en la continuidad y eficiencia de la producción.

Para ilustrar con mayor detalle, en la Tabla 5 se puede observar claramente la correlación entre las interrupciones en la operatividad y el mal funcionamiento de las centrales. Estas paradas, que estaban directamente relacionadas con problemas en la lubricación y en los sistemas hidráulicos, se resolvían de forma inmediata y puntual, pero no de manera duradera y efectiva. Esto generaba una constante interrupción en la operación normal de las máquinas, lo que se traducía en una disminución de la productividad y un aumento de los costos asociados a la reparación y al mantenimiento correctivo.

Sin embargo, tras la implementación del proyecto, se logró establecer un sistema integral de monitoreo y control que permitió abordar de manera proactiva estos problemas. Se establecieron rutinas de limpieza y revisión, y se implementaron medidas preventivas para evitar futuras fugas y derrames en las centrales. Este enfoque preventivo y planificado ha demostrado ser altamente efectivo, reduciendo drásticamente el tiempo dedicado a la corrección de fallos y, en consecuencia, aumentando significativamente la productividad en la planta.

Es fundamental resaltar que esta transformación positiva en la gestión de las centrales hidráulicas y de lubricación ha tenido un impacto directo en la eficiencia y en la calidad de la producción, disminuyendo los costos operativos y mejorando la vida útil de las máquinas. Este cambio no solo ha optimizado el rendimiento de las operaciones diarias, sino que también ha sentado las bases para un mantenimiento más efectivo y una gestión más eficiente de los recursos en el futuro.

Tabla 5*Catálogo de paras antes de la implementación del proyecto*

DESCRIPCIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	total
AÑO 2021													
Fugas y derrames en las centrales	20						18						38
Nivel mínimo de aceite			12					6					18
Temperatura del aceite	5	4	3	5	2	3	7	5	2	2	1	3	42
Paras por nivel de presión	10					9		7		16			42
Sellados herméticos	3			2					3				8
Elementos remordidos	4		7		3		2					1	17
Respiraderos inadecuados	3		1		4	3		3	3		2		19
Quemaduras por fricción en piñones						3							3

Contaminación de aceite por partículas no ferrosas				20	25			45
Reservorios de aceite en mal estado							3	3
Rayaduras de eje y desgaste prematuro							175	175
Averías en eje motriz			5	2		13		22
Fisuras por desgaste			4		3	5	8	20
Centrales descubiertas	2				2		3	7
Contaminación agua - aceite	3		4		9		7	24
Aumento de vibración y ruido	6	9	16		2		12	46

Elaborado por: La investigadora

Fuente: Registros de producción de mallas y trefilados.

La implementación exitosa de este proyecto ha generado un impacto notorio en la eficiencia y la operatividad de la planta. La tabla 6 proporciona una representación clara y cuantitativa de cómo diversas interrupciones en el proceso de producción, comúnmente conocidas como "paras", han disminuido de manera significativa o, en algunos casos, han sido completamente eliminadas. Estas mejoras se traducen en una optimización de los tiempos de producción y, en última instancia, en un incremento palpable de la productividad en la planta.

Un análisis detenido de la tabla 6 revela que ciertas paradas, como las relacionadas con fallos en los sistemas de lubricación y problemas con la temperatura del aceite, han experimentado reducciones drásticas. Este hecho es fundamental, ya que estos eran problemas recurrentes que, en el pasado, afectaban la continuidad de la producción y requerían intervenciones costosas y tiempo para su corrección. Ahora, con la implementación del proyecto, estos problemas se abordan de manera preventiva y se monitorean de cerca, lo que ha llevado a una disminución drástica en los tiempos de parada relacionados.

Además, cabe destacar que la reducción en los tiempos de parada no solo se ha logrado en relación con aspectos directamente relacionados con el proyecto, como la lubricación y los sistemas hidráulicos, sino que también se ha extendido a otros aspectos operativos. Las mejoras en la cobertura y el mantenimiento de las centrales hidráulicas y de lubricación han tenido un efecto positivo en aspectos como las fugas y los derrames, que antes eran causas recurrentes de detención de la producción. Ahora, gracias a una gestión más efectiva y proactiva, se ha reducido significativamente el tiempo dedicado a abordar estas cuestiones.

La tabla 6 confirma y valida la importancia crucial de la implementación del proyecto. Los datos muestran claramente que las mejoras introducidas han tenido un impacto directo en la eficiencia y la productividad de la planta. Este análisis respalda la inversión en este proyecto y sienta las bases para futuras iniciativas de mejora que busquen mantener y optimizar estos beneficios a largo plazo.

Tabla 6*Tiempos de paras después de la implementación del proyecto*

DESCRIPCIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	total
AÑO 2022													
Fugas y derrames en las centrales													0
Nivel mínimo de aceite							2						2
Temperatura del aceite													0
Paras por nivel de presión					2								2
Sellados herméticos													0
Elementos remordidos							15						15
Respiraderos inadecuados													0
Quemaduras por fricción en piñones							12						12

Contaminación de aceite por partículas no ferrosas		9	9
Reservorios de aceite en mal estado			0
Rayaduras de eje y desgaste prematuro		10	10
Averías en eje motriz	12		12
Fisuras por desgaste	10		10
Centrales descubiertas			0
Contaminación agua - aceite		22	22
Aumento de vibración y ruido	12	20	32

Elaborado por: La investigadora.

Fuente: Registros de producción de mallas y trefilados.

La comparativa presentada en la Figura 20 destaca la notable reducción en la cantidad de aceite utilizado en el proceso productivo, gracias a la exitosa implementación del proyecto de monitoreo y control. Este hito representa no solo una mejora significativa en términos de eficiencia y manejo de recursos, sino también un avance considerable hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la operación de la planta.

En el análisis detallado de los datos, se aprecia una marcada disminución en el consumo de aceite durante el año 2022 en comparación con el año 2021. Esta disminución se traduce en un ahorro sustancial en términos de costos, como se refleja en el valor diferencial entre ambos años. Durante el año 2022, el consumo de aceite se redujo a 275 galones, en contraposición a los 495 galones consumidos en el año 2021. Este ahorro se tradujo en una disminución de costos de aproximadamente \$4325.94, lo que representa un ahorro significativo en el presupuesto operativo de la planta.

Además de los beneficios económicos, es fundamental resaltar la impactante reducción en la huella de carbono, un indicador crucial para evaluar el impacto ambiental de la operación. El proyecto de monitoreo permitió una reducción sustancial del 54.55% en la huella de carbono en el año 2022 en comparación con el año anterior. Este logro es de gran importancia, ya que refleja el compromiso efectivo de la planta con la sostenibilidad y la reducción de su impacto ambiental.

La Figura 20 ofrece una visión clara del impacto positivo que ha tenido la implementación del proyecto de monitoreo y control en términos de eficiencia operativa, ahorro de costos y sostenibilidad ambiental. Estos resultados no solo validan la inversión en este proyecto, sino que también sientan las bases para futuras iniciativas destinadas a mejorar aún más la eficiencia y la sostenibilidad de la planta.

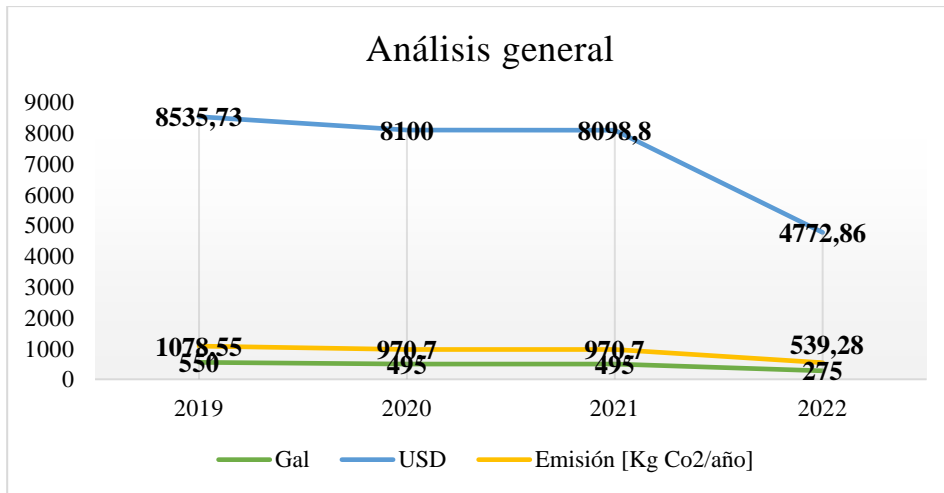


Figura 20 Ahorro por consumo de aceites

Elaborado por: La Investigadora.

En la Figura 21, se observa el ahorro huella de carbono de 539.27kg CO₂/Gal lubricante.

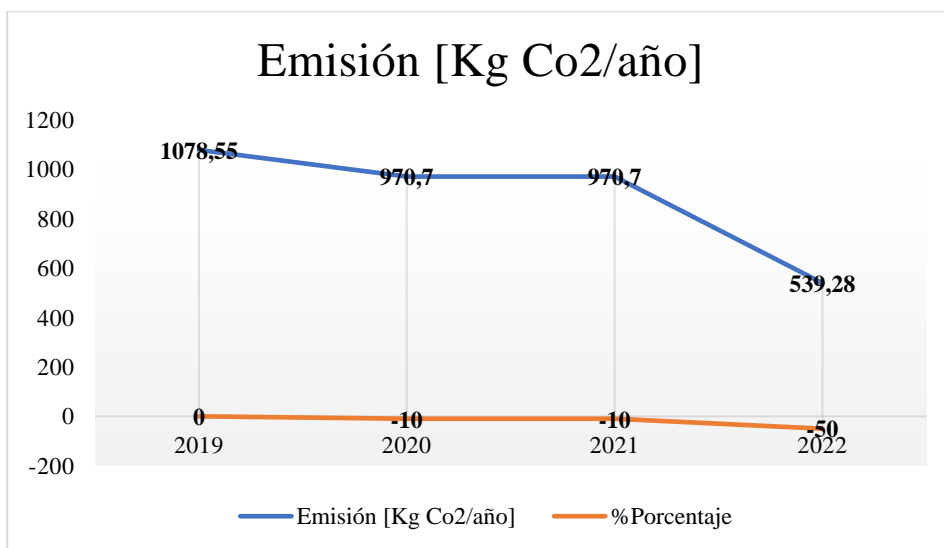


Figura 21 Emisión [Kg Co2/año]

Elaborado por: La Investigadora.

La eficiencia y responsabilidad ambiental son elementos cruciales en la operación de cualquier planta industrial. En el caso específico de la Planta de mallas y trefilados, se ha realizado un análisis minucioso de la gestión de desechos y su relación con la implementación del proyecto de control y monitoreo. Los resultados obtenidos son altamente alentadores, ya que indican una significativa disminución en la cantidad de

desechos generados, lo que tiene un impacto directo en la sostenibilidad y el bienestar ambiental.

El análisis de la gestión de desechos revela que se ha logrado una reducción del 11.15% en la cantidad de desechos producidos, equivalente a 4.21 toneladas menos de desechos al año. Esta disminución no solo representa una mejora notable en la eficiencia de la planta, sino que también refleja un compromiso genuino con la protección y preservación del medio ambiente.

Al traducir esta reducción en términos económicos, se estima un ahorro anual de aproximadamente 1940 USD. Este ahorro no solo contribuye al éxito financiero de la planta, sino que también demuestra que las prácticas sostenibles no solo son beneficiosas para el entorno, sino también para el balance económico de la operación industrial.

Es fundamental subrayar que la disminución en la gestión de desechos no es simplemente un indicador de eficiencia, sino un testimonio de la responsabilidad social y ambiental que la Planta de mallas y trefilados ha asumido. Este enfoque proactivo en la gestión de desechos establece un estándar admirable en la industria y señala el camino hacia un futuro más sostenible, los resultados obtenidos en relación con la gestión de desechos son alentadores y respaldan la efectividad del proyecto de control y monitoreo en la planta. Estos resultados no solo son una victoria para la eficiencia operativa y la rentabilidad, sino también para la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad hacia la comunidad y el planeta en su conjunto

Tabla 7 *Generación de desechos procesados*

C. MAE	2020 (Tn)	2021 (Tn)	2022 (Tn)
Total, General de desechos procesados	36.71	37.72	34.52

Elaborado por: La investigadora

La implementación exitosa del proyecto de control y monitoreo ha desencadenado una serie de impactos positivos y mejoras en varios aspectos esenciales de la operación y seguridad en la Planta de mallas y trefilados. Estos cambios han transformado la

dinámica de trabajo y han fortalecido la seguridad industrial y la eficiencia en el manejo de los recursos.

Uno de los beneficios más notables ha sido la notable reducción de mantenimientos necesarios en las centrales de lubricación. La capacidad de anticiparse y prevenir problemas antes de que ocurran ha minimizado la necesidad de mantenimientos correctivos. Esto no solo ha optimizado el tiempo de los trabajadores, permitiéndoles enfocarse en otras tareas esenciales de la planta, sino que también ha reducido la exposición y el contacto de los trabajadores con lubricantes, mejorando su seguridad laboral.

Además, se ha logrado un aumento significativo en la educación sobre la metodología TPM . Se han creado documentos estandarizados que abordan los procesos de limpieza y mantenimiento de las centrales hidráulicas de las enderezadoras detallado de mejor manera en los anexos. Estos documentos incluyen registros, guías de trabajo, fichas de lubricación TPM y rotulación de las centrales. Esta estandarización ha establecido una base sólida para la capacitación y educación continua sobre TPM, garantizando que los procedimientos sean seguidos de manera consistente y eficiente.

Asimismo, la seguridad industrial del personal ha experimentado mejoras sustanciales. La disminución de las frecuencias de cambio y limpieza de aceites ha llevado a una reducción significativa en el contacto del personal de mantenimiento con insumos considerados peligrosos. Este cambio ha mitigado los riesgos asociados con la manipulación de sustancias potencialmente peligrosas, contribuyendo a un entorno de trabajo más seguro y protegido para todo el personal.

La implementación del proyecto no solo ha impactado en la eficiencia operativa, sino que también ha fortalecido la seguridad y la educación en la planta. Estos cambios no solo son beneficiosos para la empresa en términos de productividad, sino que también reflejan un compromiso genuino con la seguridad y el bienestar de los empleados. Este enfoque integral demuestra la importancia de considerar tanto los aspectos operativos como los de seguridad en cualquier iniciativa de mejora dentro de una planta industrial.

5.2. Análisis de Chi cuadrado.

La elección de utilizar la prueba de chi cuadrado para verificar las hipótesis planteadas se basa en la necesidad de analizar la relación entre la implementación del programa de lubricación y la mejora en la disponibilidad y productividad de las máquinas de la línea de producción de mallas y trefilados. En el estudio, se pretende determinar si hay una asociación significativa entre la implementación del programa de lubricación y la mejora en la disponibilidad y productividad. La prueba de chi cuadrado es apropiada para este propósito, ya que es una prueba estadística utilizada para evaluar la relación entre dos variables categóricas y determinar si hay una asociación significativa entre ellas.

H0 (hipótesis nula): El desarrollo de un programa de lubricación con gestión de monitorización y control, no mejorará la disponibilidad y productividad de las máquinas de la línea de producción de mallas y trefilados.

H1 (hipótesis alterna): El desarrollo de un programa de lubricación con gestión de monitorización y control, mejorará la disponibilidad y productividad de las máquinas de la línea de producción de mallas y trefilados.

La tabla 8 presenta los resultados del análisis de chi cuadrado, basado en la información recopilada de las tablas 6 y 7 previamente presentadas. Estas tablas contienen datos cruciales sobre los tiempos de paras de las máquinas en estudio. El objetivo principal de este análisis es demostrar la relación entre la reducción de los tiempos de paras y el consecuente incremento en la productividad de la planta.

Tabla 8*Cálculo del valor Chi Cuadrado*

Categoría	Observado	Esperado	$(O - E)^2$	$(O - E)^2/E$
Fugas y derrames en las centrales	143	0	20449	
Nivel mínimo de aceite	40	2	1444	722
Temperatura del aceite	86	0	7396	
Paras por nivel de presión	42	2	1600	800
Sellados herméticos	11	0	121	
Elementos remordidos	20	15	25	1,67
Respiraderos inadecuados	38	0	1444	
Quemaduras por fricción en piñones	15	12	9	0,75
Contaminación de aceite por partículas no ferrosas	57	9	2304	256

Reservorios de aceite en mal estado	7	0	49	
Rayaduras de eje y desgaste prematuro	70	10	3600	360
Averías en eje motriz	22	12	100	8,33
Fisuras por desgaste	20	10	100	10
Centrales descubiertas	7	0	49	
Contaminación agua - aceite	40	22	324	14,73
Aumento de vibración y ruido	63	32	961	30,03
Total chi cuadrado	-	-	-	2203,51

Elaborado por: La investigadora

Se ha elegido un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, lo que significa que estamos dispuestos a aceptar un 5% de probabilidad de cometer un error.

En este caso, tenemos 16 categorías, por lo que $df = 16 - 1 = 15$.

Se calcula el valor crítico = 24.99

Dado que el valor de chi cuadrado es: 2203.51 y el valor crítico es: 24.99 se puede concluir de manera segura que el valor de chi cuadrado es mucho mayor que el valor crítico, por lo que se rechaza la hipótesis nula. Hay una relación significativa entre las variables y, por lo tanto, el programa de lubricación con gestión de monitorización y control tiene un impacto significativo en la productividad y disponibilidad de las máquinas.

5.3. Discusión

Los logros alcanzados en nuestra investigación es el ahorro de la cantidad de insumo utilizado frente a otros años, disminución de contaminación al ambiente, debido a contaminación causada al mezclarse agua y aceite o derrames provocados por fallas hidráulicas, control oportuno de monitoreo de variables de nivel para tomar decisiones oportunas, lubricación programado de aceite para evitar desgaste prematuro, debido a trabajo a altas temperaturas que producen oxidación y lodos en el hidrocarburo, control de nivel de limpieza del aceite para evitar daños en componentes y mecanismos, implementación de la metodología TPM.

La planificación del mantenimiento se basa en el conocimiento, la teoría y la experiencia de campo siguiendo protocolos dentro de la organización, así como en información documentada y planificada sobre las actividades de mantenimiento y, en última instancia, en indicadores adecuados para el seguimiento de la gestión del mantenimiento. En estas actividades se espera reducir la “presencia de paradas no planificadas, que reducen la disponibilidad de los equipos, y eventos relacionados con daños severos que afectan la calidad del producto”. Estas paradas son causadas por la falta de lubricación de la máquina, para lo cual se recomienda una mejora en el mantenimiento basado en TPM Gestión, reduciendo el tiempo medio de los sistemas de producción mediante la optimización de los recursos tiempo humano y tiempo máquina.

Debido a la necesidad de aprovechar los beneficios que ofrece el TPM, el mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras se construye como una política y actividad permanente, y debemos tener en cuenta que esta mejora nos permitirá planificar mejor nuestro mantenimiento, reduciendo el número de pérdidas de ganancias. Por fallos inesperados, además de permitirnos solucionar fallos detectados mientras el dispositivo aún está en producción.

Los resultados son métricas que reflejan directamente el impacto en la organización, incluida la confiabilidad y disponibilidad de los activos, y la reducción de costos (especialmente debido al tiempo de inactividad de diferentes máquinas). Mejorar la eficiencia general de los equipos es el objetivo de los gerentes de procesos y líneas de producción. Sin embargo, con base en los registros históricos y estadísticos de la empresa, las recomendaciones de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a través de la estandarización de procedimientos para detectar fallas frecuentes en las máquinas parecen ser la solución en términos de niveles de criticidad y problemas.

CAPÍTULO VI

6.1. Conclusiones

Finalmente, bajo los resultados de este trabajo de investigación, se permite resaltar que la empresa NOVACERO, en especial el área de mallas y trefilados adoptó de manera amigable los conceptos de mantenimiento total productivo, poniendo en práctica para el cuidado y eficiencia de las máquinas, de igual manera para disminuir el esfuerzo físico de los colaboradores, mejorando conjuntamente la productividad alcanzados niveles de producción estimados en cada máquina.

El proyecto implementó cronogramas de lubricación de máquinas que permiten las mejoras necesarias en cuanto a la producción de las líneas de mallas y trefiladoras, se realizó un análisis de la situación actual del sistema de lubricación en Novacero Planta Lasso en el área de Mallas y Trefilados, la línea de producción no contaba con un control para optimizar el tiempo de los trabajadores, posterior al sistema de lubricación de las centrales tanto analógica como visual permite anticiparse para evitar fugas y derrames que deben limpiarse.

El sistema de control y monitoreo de lubricación permite disminuir las paradas no programadas prolongando su vida útil y mejorando o aumentando la calidad del trabajo, las paras de máquina es directamente proporcional a la productividad. Con el estudio de mantenimiento se logra cumplir el correcto período de inspección y lubricación, de la maquinaria de la línea de producción de mallas y trefilado.

El costo de compra de aceites disminuyó un 50% con respecto al 2021 garantizando su buen uso mediante apropiadas formas de trabajo, para alargar la vida útil manteniendo integras sus propiedades. Se logró alcanzar lo siguiente: ahorro de la cantidad de insumo utilizado frente a otros años, evitar contaminación al ambiente, debido a contaminación causada al mezclarse agua y aceite o derrames provocados por fallas hidráulicas, se efectuó un control oportuno de monitoreo de variables de nivel para tomar decisiones oportunas, controlar el aceite para evitar desgaste prematuro, debido a trabajo a altas temperaturas que producen oxidación y lodos en el hidrocarburo, control de nivel de limpieza del aceite para evitar daños en componentes y mecanismos, implementación de la metodología TPM (con réplica en toda la planta), y conciencia de cuidado del medio ambiente aplicando acciones preventivas.

Se logró alcanzar lo siguiente: ahorro de la cantidad de insumo utilizado frente a otros años, evitar contaminación al ambiente, debido a contaminación causada al mezclarse

agua y aceite o derrames provocados por fallas hidráulicas, se efectuó un control oportuno de monitoreo de variables de nivel para tomar decisiones oportunas, controlar el aceite para evitar desgaste prematuro, debido a trabajo a altas temperaturas que producen oxidación y lodos en el hidrocarburo, control de nivel de limpieza del aceite para evitar daños en componentes y mecanismos, implementación de la metodología TPM (con réplica en toda la planta), y conciencia de cuidado del medio ambiente aplicando acciones preventivas.

6.2. Recomendaciones

Por otro lado, en términos de recomendaciones, es fundamental para el progreso y la eficiencia de la planta de producción Novacero que se den pasos concretos hacia la implementación de cada propuesta de mejora delineada en el plan. Estas mejoras son esenciales para alcanzar el estado de situación ideal propuesto, teniendo en cuenta no solo las mejoras en términos de rendimiento de las máquinas, sino también los beneficios que conlleva en cuanto a la interacción máquina-hombre.

Se dirige una sugerencia especial al personal operativo para que se familiarice activamente con la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esto implica un compromiso constante con el llenado adecuado y periódico de los formatos destinados al seguimiento de las actividades de las máquinas. Estos registros, además de servir como herramienta de análisis de datos futuros, también constituirán una valiosa referencia para la implementación exitosa de planes de mejora, incluido el TPM, en otras máquinas que se integrarán en el futuro.

Se enfatiza la necesidad de establecer un cronograma de lubricación para todas las máquinas restantes. Este cronograma no solo establecerá un hábito crucial de control para el departamento de mantenimiento, sino que también proporcionará una estructura organizada y planificada para la gestión adecuada de la lubricación en toda la planta. Este aspecto es vital para el éxito del programa de mejoras y la sostenibilidad de los resultados. Es esencial contar con un respaldo sólido por parte de las gerencias para la asignación de recursos adecuados, tanto en términos de equipos como de materiales. Este respaldo financiero es crucial para llevar a cabo la implementación de sistemas de mejora en las máquinas. Estos sistemas de mejora jugarán un papel determinante en la optimización de la productividad, minimizando las paradas no programadas y, en última instancia, alargando la vida útil de las máquinas y equipos, la implementación exitosa de estas recomendaciones traerá beneficios considerables a Novacero.

6.3. Bibliografia

- Ahmad, M. S., Tiwari, R., & Mandawat, T. (2022). Multi-Objective Robust Optimization of Deep Groove Ball Bearings Considering Manufacturing Tolerances Based on Fatigue and Wear Considerations. *Journal of Tribology*, *144*(2). <https://doi.org/10.1115/1.4050883>
- Au-Yong, C. P., Azmi, N. F., & Myeda, N. E. (2022). Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept. *Journal of Cleaner Production*, *352*, 131608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131608>
- Bakri, A. Hj., Rahim, A. R. A., Yusof, N. Mohd., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *65*, 485-491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Fox, D., Lynch, K. M., Sahin, A. W., & Arendt, E. K. (2021). Soft Tribology Using Rheometers: A Practical Guide and Introduction. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *79*(3). <https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1843959>
- Guo, J., Si, Y., Liu, Q., Cao, X., Cheng, J., Yang, J., & Liu, W. (2023). The lubrication regimes and transition laws of gallium liquid-metal. *Tribology International*, *188*, 108838. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108838>
- Iwashita, W., Matsukawa, H., & Otsuki, M. (2023). Static friction coefficient depends on the external pressure and block shape due to precursor slip. *Scientific Reports*, *13*(1), 2511. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29764-w>
- Jiang, Y., Dai, P., Fang, P., Zhong, R. Y., Zhao, X., & Cao, X. (2022). LSTM for predictive maintenance of industrial equipment based on machine learning. *Computers & Industrial Engineering*, *172*, 108560. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108560>
- Jin, B., Chen, G., Zhao, J., He, Y., Huang, Y., & Luo, J. (2021). Improvement of the lubrication properties of grease with Mn₃O₄/graphene (Mn₃O₄#G) nanocomposite additive. *Friction*, *9*(6). <https://doi.org/10.1007/s40544-020-0412-1>

- Kiran, D. R. (2017). Total Productive Maintenance. En *Total Quality Management* (pp. 177-192). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811035-5.00013-1>
- Kiran, D. R. (2022). Total productive maintenance. En *Principles of Economics and Management for Manufacturing Engineering* (pp. 167-178). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99862-8.00021-2>
- Krishnamurthy, S. (2022). Vacuum swing adsorption process for post-combustion carbon capture with 3D printed sorbents: Quantifying the improvement in productivity and specific energy over a packed bed system through process simulation and optimization. *Chemical Engineering Science*, 253, 117585. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.117585>
- Li, H., Wang, W., Liu, Y., Ma, J., & Gao, H. (2020). An integrated drilling, protection and sealing technology for improving the gas drainage effect in soft coal seams. *Energy Reports*, 6, 2030-2043. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.07.017>
- Li, H., Xu, F., Cui, K., Tian, B., Dong, R., & Fan, M. (2023). Interfacial adsorption and tribological response of various functional groups on titanium surface: In-depth research conducted on the lubricating mechanism of liquid lubricants. *Tribology International*, 189, 108885. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108885>
- Liu, M., Qu, Y., Hu, C., & Deng, E. (2022). Lubrication Performance of Helical Gear Pair Under Dynamic Load Based on Local Involute Profile. *Journal of Tribology*, 144(2). <https://doi.org/10.1115/1.4050850>
- López-Laverde, J., Gómez Salazar, L., & Torres López, T. M. (2023). Representaciones sociales sobre seguridad y salud en el trabajo en universitarios. *Fisioterapia*, 45(2), 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2022.09.001>
- Mehmood, S., Lizana, J., & Friedrich, D. (2023). Low-energy resilient cooling through geothermal heat dissipation and latent heat storage. *Journal of Energy Storage*, 72, 108377. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108377>
- Mishra, R. P., Gupta, G., & Sharma, A. (2021). Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment. *Procedia CIRP*, 98, 241-246. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.037>


- Mohaghegh, M., Blasi, S., & Größler, A. (2021). Dynamic capabilities linking lean practices and sustainable business performance. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129073. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129073>
- Morampudi, P., V.S.N., V. R., Chitrada, P., K, S. V., & R, R. (2023). Tribology and pitting corrosion behavior of Al6061 / nano-ZrB2 metal matrix composites prepared via powder metallurgy process. *Chemical Data Collections*, 48, 101082. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101082>
- Orošnjak, M., Jocanović, M., Čavić, M., Karanović, V., & Penčić, M. (2021). Industrial maintenance 4(.0) Horizon Europe: Consequences of the Iron Curtain and Energy-Based Maintenance. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128034>
- Pal, M., Mittal, M. Lal, Soni, G., & Chouhan, S. S. (2023). A multi-agent system for integrated scheduling and maintenance planning of the flexible job shop. *Computers & Operations Research*, 159, 106365. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106365>
- Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82, 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423-1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Qin, W., Zhuang, Z., Liu, Y., & Xu, J. (2022). Sustainable service oriented equipment maintenance management of steel enterprises using a two-stage optimization approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 75, 102311. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102311>
- Radu, E., Dima, A., Dobrota, E. M., Badea, A.-M., Madsen, D. Ø., Dobrin, C., & Stanciu, S. (2023). Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*, 9(7), e18232. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18232>

- Rathi, R., Singh, M., Sabique, M., Al Amin, M., Saha, S., & Hari Krishnaa, M. (2022). Identification of total productive maintenance barriers in Indian manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, 50, 736-742. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.222>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574-1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Sahoo, S., & Yadav, S. (2020). Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers. *Procedia Manufacturing*, 43, 728-735. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.111>
- Suryaprakash, M., Gomathi Prabha, M., Yuvaraja, M., & Rishi Revanth, R. V. (2021a). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9348-9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
- Suryaprakash, M., Gomathi Prabha, M., Yuvaraja, M., & Rishi Revanth, R. V. (2021b). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9348-9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
- Suryaprakash, M., Gomathi Prabha, M., Yuvaraja, M., & Rishi Revanth, R. V. (2021c). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9348-9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021a). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021b). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>

- Xie, X., Zeng, Z., Luo, J., & Xu, J. (2021). Friction and wear characteristics of linear contact sliding friction pairs under oil-air lubrication. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 43(7). <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03036-y>
- Xie, Z., Tian, Y., Li, J., & Du, P. (2023). Lubrication performance of a novel double-film bearing: Theory & experiment. *Tribology International*, 108958. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108958>
- Yang, K., Ma, H., Li, X., & He, Q. (2018). The Analysis in In Situ Preparation, Mechanics, and Tribology of TiAl-SnAgCu/Graphene Composites. *Advanced Engineering Materials*, 20(12). <https://doi.org/10.1002/adem.201800719>
- Yue, P., Zhang, Y., Zhang, S., Jia, J., Han, K., & Song, N. (2023). The key role of interfacial non-bonding interactions in regulating lubricant viscosity using nanoparticles. *Tribology International*, 187, 108716. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108716>

6.4. Anexos

Anexo A. Ficha de Lubricación Alimentador-Trefiladora COMAPAQ

		FICHA TÉCNICA DE LUBRICACIÓN
DATOS GENERALES		
Empresa	NOVACERO S.A	DIAGRAMA DEL EQUIPO 
Planta	Lasso	
Área	Acería	
Nombre del Equipo	Trefiladora Comapaq	
Fecha de Registro	26/10/2019	
IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO		
Tipo de Sistema	Hidráulico	
Descripción de proceso	Movimientos de pistón recogedor	
Tipo	Central Hidráulica	
Descripción	1 tanque	
Dimensiones [mm]	530x330x280	
Volúmen de la central [lts]	49	
Volúmen de la central [gal]	13	
Tag equipo		
Marca de respiradero		
Marca de filtros		
Fecha de arranque de la máquina		
Horas de uso de la máquina en producción		
Fecha de actualización		
Puerto de muestreo		
DATOS DE LUBRICACIÓN		
Marca del aceite	Total	
Nombre del aceite	Azolla ZS 46	
Viscosidad	ISO VG 46	
Nivel de limpieza nominal		
Temperatura de trabajo		
Temperatura máx. de trabajo		
Presión de trabajo		
Presión máx. de trabajo		
Horas de uso de aceite en producción		
Fecha de actualización		
Nivel aceite en trabajo		
Nivel mínimo de aceite en trabajo		
Nivel del aceite en el arranque		
Observaciones	Nivel de limpieza de aceite	Verificar el nivel de limpieza nominal antes de completar aceite hasta el rango de trabajo (Filtrar el aceite). Informar todos los datos de consumo de aceite y observaciones en la hoja de registro.
	Filtrado en línea	
	Filtrado en paralelo	
	Guías de trabajo	
	Inspección visual	- Revisión de estado del tanque y reporte en el registro. - Revisión de resistencias, saturación de respiraderos, saturación de filtros y reporte en el registro.
	Limpieza de la central	- Verificar el programa de limpieza de la central y ejecutar limpieza completa. - Reportar al departamento de mantenimiento mecánico la presencia de fugas y anomalías para corrección de las mismas.

Anexo B. Ficha de Lubricación Electromalla EVG

		FICHA TÉCNICA DE LUBRICACIÓN	
DATOS GENERALES			
Empresa	NOVACERO S.A.	DIAGRAMA DEL EQUIPO 	
Planta	Lasso		
Área	MALLAS		
Nombre del Equipo	ELECTROMALLA EVG		
Fecha de Registro	1/6/2022		
IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO			
Tipo de Sistema	Hidráulico		
Descripción de proceso	Movimientos		
Tipo	Central Hidráulica		
Descripción	1 tanque		
Dimensiones (mm)	1010x510x604		
Volumen de la central [lts]	310.4		
Volumen de la central [gal]	82		
Tag equipo			
Marca de respiradero	DONALDSON		
Marca de filtros	FG PX37-13-2-SMX10		
Fecha de arranque de la máquina	14/3/2018		
Horas de uso de la máquina en producción	23 H / día		
Fecha de actualización			
Puerto de muestreo	SI (DESDE SAIDA A SISTEMA DE FILT INDEP		
DATOS DE LUBRICACIÓN			
Marca del aceite	Total		
Nombre del aceite	Azolla ZS 68 (EQUIVIS)		
Viscosidad	ISO VG 68		
Nivel de limpieza nominal	16/14/7		
Temperatura de trabajo	34°C		
Temperatura máx. de trabajo	40°C		
Presión de trabajo	3000 PSI		
Presión máx. de trabajo	3500 PSI		
Horas de uso de aceite en producción			
Fecha de actualización			
Nivel aceite en trabajo	60%		
Nivel mínimo de aceite en trabajo	20%		
Nivel del aceite en el arranque	80%		
Observaciones	Nivel de limpieza de aceite	Verificar el nivel de limpieza nominal antes de completar aceite hasta el rango de trabajo (Filtrar el aceite).	
	Filtrado en línea	Informar todos los datos de consumo de aceite y observaciones en la hoja de registro. Tanque de sistema de recirculación: FILTRO F6PX3	
	Filtrado en paralelo	Sistema de filtrado independiente: 1 filtro Donaldson P550276 (entrada), 2 filtros Donaldson blue 4µm al β2060 (retorno)	
	Guías de trabajo	- Guía de trabajo de "MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS".	
	Inspección visual	- Revisión de estado del tanque y reporte en el registro. - Revisión de resistencias, saturación de respiraderos, saturación de filtros y reporte en el registro.	
	Limpieza de la central	- Verificar el programa de limpieza de la central y ejecutar limpieza completa. - Reportar al departamento de mantenimiento mecánico la presencia de fugas y anomalías para corrección de las mismas.	

Anexo C. Ficha de lubricación Trefiladora TJK

		FICHA TÉCNICA DE LUBRICACIÓN	
DATOS GENERALES			
Empresa	NOVACERO S.A	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">DIAGRAMA DEL EQUIPO</p>  </div>	
Planta	Lasso		
Área	MALLAS		
Nombre del Equipo	Trefiladora TJK		
Fecha de Registro	1/6/2022		
IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO			
Tipo de Sistema	Hidráulico		
Descripción de proceso	Movimientos		
Tipo	Caja de piñones		
Descripción	1 tanque		
DATOS DE LUBRICACIÓN			
Dimensiones [mm]			
Volumen de la central [lts]	264,98		
Volumen de la central [gal]	70		
Tag equipo			
Marca de respiradero	n/a		
Marca de filtros	MP FILTRI		
Fecha de arranque de la máquina			
Horas de uso de la máquina en producción	23 H / día		
Fecha de actualización			
Puerto de muestreo	SI		
Marca del aceite	Total		
Nombre del aceite	Carter EP 220		
Viscosidad	ISO VG 220		
Nivel de limpieza nominal	36,2°C		
Temperatura de trabajo	46,2°C		
Temperatura máx. de trabajo			
Presión de trabajo			
Presión máx. de trabajo			
Horas de uso de aceite en producción			
Fecha de actualización			
Nivel aceite en trabajo	N/A		
Nivel mínimo de aceite en trabajo	N/A		
Nivel del aceite en el arranque	N/A		
Observaciones	Nivel de limpieza de aceite	Verificar el nivel de limpieza nominal antes de completar aceite hasta el rango de trabajo (Filtrar el aceite). Informar todos los datos de consumo de aceite y observaciones en la hoja de registro.	
	Filtrado en línea		
	Filtrado en paralelo		
	Guías de trabajo		
	Inspección visual	- Revisión de estado del tanque y reporte en el registro. - Revisión de resistencias, saturación de respiraderos, saturación de filtros y reporte en el registro.	

Anexo D. Hoja TPM

TAREAS DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN TPM													Electrosoldadora EVG		
REGISTRO Y CHECKLIST LISTADO DE ITEM'S A REVISAR															
ÁREA:				MALLAS											
TURNO EJECUTANTE:															
FECHA DE EJECUCIÓN:															
Mes				febrero-22											
Fechas				Frecuencia	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Responsable de la actividad	CONTEO	TOTAL	CUMPLIMIENTO ACTIVIDAD (%)
					Nro.	Actividad									
1	Orden y limpieza de zona de operación, carga y descarga				D								0	31	0
2	Inspeccionar si existen fugas de aire comprimido				D										
3	Revision de condiciones de operación sistema neumático				D										
4	Inspeccionar si existen fugas de agua				D										
Observaciones diarias:												Observaciones Adicionales:			
Notas: * Para el llenado del formato escribir el número 1 si la actividad si está realizada y dejar vacío si la actividad No se la realiza. debe esta ser dada seguimiento.								Cumplimiento de actividades Autónomo de Limpieza e Inspección manual			0%				
REVISADO POR:															