



UNIVERSIDAD DEL SABES

**“DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS EN MANTENIMIENTO
PREDICTIVO CON LA INCLUSIÓN DE TÉCNICAS
AVANZADAS COMO TERMOGRAFÍA”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

JOSE JESUS PEÑA MARTINEZ

ASESOR:

GLORIA ANGÉLICA HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ

INDICE

Contenido

INDICE.....	1
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	4
1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	12
2 CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	13
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.2 MARCO TEÓRICO	16
2.2.1 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	16
2.2.2 DESCUBRIMIENTO DEL INFRARROJO	16
2.2.3 ANTECEDENTES DE LA TERMOGRAFÍA.....	17
2.2.4 COMPRENSIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	18
2.2.5 DESARROLLO DE LA CAMARA TERMOGRÁFICA.....	20
2.2.6 SISTEMAS TERMOGRÁFICOS.....	21
2.2.7 COEFICIENTES EN LOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS.....	22
2.2.8 COMPONENTES EN LOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS	23
3 CAPÍTULO III. HIPÓTESIS	26
3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON LA INCLUSIÓN DE UN SISTEMA TERMOGRÁFICO.....	26
3.2 VARIABLE DEPENDIENTE: AUMENTO DE CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS, AUMENTO EFICIENTE DEL FUNCIONAMIENTO.	26
3.3 VARIABLES INTERVINIENTES:	26
4 CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.	27
4.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
4.2.1 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN:.....	28
4.2.2 TIPO DE ESTUDIO:.....	28
4.2.3 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS:.....	28

4.2.4 MUESTREO DE LA INVESTIGACIÓN:	30
5. CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	31
5.1.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	31
5.1.2 BÚSQUEDA DE DATOS DE PLACA E INFORMACIÓN DE EQUIPOS	32
5.1.3 CREACIÓN DEL CHECK LIST ÚNICO E HISTÓRICO PARA LOS MANTENIMIENTOS PREDICTIVOS EN LOS EQUIPOS	36
5.1.4 CAPACITACIÓN A PERSONAL DE MANTENIMIENTO	46
5.1.5 PRUEBAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y LLENADO DE CHECK LIST EN EQUIPOS	50
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
5.2.1 MEDICIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREDICTIVOS	51
5.2.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO EN LAS ÁREAS DE MANTENIMIENTO	53
6. CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	56
6.1 DISCUSIÓN	56
6.2 CONCLUSIONES	56
6.3 RECOMENDACIONES	58
7. REFERENCIA	60
8. ANEXOS	63
8.1 ANEXO 1	63
8.2 ANEXO 2	73
8.3 ANEXO 3	80
8.4 ANEXO 4	87

Resumen

En la empresa FLEX N GATE dedicada a la fabricación de autopartes metálicas, se dividen varias áreas, entre las cuales se encuentra mantenimiento y en esta también está conformada por áreas como soldadura, prensas, cromo, ensamble y servicios generales. Entre estas áreas se encuentran diversos equipos y maquinarias a los cuales se les realizan mantenimientos preventivos y correctivos, la finalidad del área de mantenimiento consiste en asegurar confiabilidad y disponibilidad en los equipos. A través de un análisis se busca crear un listado para medir el nivel crítico de cada equipo dependiendo su necesidad en el proceso, esto para dar prioridad a la implementación de un mantenimiento predictivo a los más críticos de cada área. En la implementación del mantenimiento predictivo se sustenta con análisis termográfico además de los sistemas tradicionales para estos mantenimientos, para registrar la información de los mantenimientos se crea un check list donde se almacenan de manera histórica los datos recopilados de cada mantenimiento predictivo realizado, aprovechando esta información para intentar predecir los fallos a través de gráficos creados que están enlazados directamente con los apartados donde se registran los datos de cada mantenimiento, todo esto se crea a través del programa Excel. Para incluir estos mantenimientos se capacita al personal de mantenimiento en cursos de termografía y mantenimiento predictivo, así como también una capacitación en el llenado correcto del check list durante un mantenimiento. También se toma la opinión tanto de técnicos como de supervisores para realizar ajustes de manera que los mantenimientos sean lo más eficientes posible, así como las tareas de la orden de trabajo sean bastante claras para realizarlas de manera correcta. Una vez que se inicia un mantenimiento predictivo en los equipos, revisando al menos una vez al mes los resultados en los mantenimientos, para buscar una predicción de acuerdo con el análisis de los mantenimientos realizados, así también medir el aumento de la confiabilidad y disponibilidad en los equipos críticos.

Introducción

La aplicación del mantenimiento en los procesos de producción surge de la necesidad de entender la importancia económica, más que solo limitar la reparación de máquinas tras una falla o avería con un mantenimiento correctivo que obliga a paralizar la maquinaria y, en consecuencia, la producción. La reparación por las fallas o averías ocurren junto con la falla misma, y entonces ya no hay nada que hacer. No existen planes de rutina, por lo que la estrategia se resume en reparar los motores, válvulas y otros componentes cuando no hay más remedio. La idea de competitividad, reducción de costos y productividad aportada inicialmente por la industria automotriz ha elevado la importancia de los activos. Se entiende la falla de un elemento en la cadena productiva significa una demora inaceptable que puede acarrear pérdidas masivas a la empresa. La maquinaria es el elemento clave para la producción. (*Mancuzo, 2022*).

Durante del siglo XX la producción a gran escala y la implementación de líneas de producción habían aumentado el trabajo de las máquinas y el rendimiento requiriendo demandaba más de su buen funcionamiento. En el siglo pasado a finales de los 50 un pequeño grupo de Ohio dedicados al mantenimiento preventivo desarrollaron una herramienta capaz de detectar anomalías en ciertos tipos de motores eléctricos que generaban continuos problemas mecánicos. El paro de la maquinaria en los procesos de producción generaba costos elevados y evitarlos, genera ahorros económicos a la empresa. De esta forma se dio inicio al desarrollo de lo que hoy se conoce como mantenimiento predictivo. En la actualidad los programas de mantenimiento predictivo son la mejor herramienta en la industrial a nivel mundial. Se estima que entre un 56 y 64% de las plantas industriales del mundo tienen implementada alguna herramienta de mantenimiento predictivo. En los países desarrollados cerca del 77% cuentan con un programa de mantenimiento establecido, que en la mayoría de los casos es utilizado para la implementación de mejoras dentro de la industria. (BUREAU VERITAS, 2017)

En los últimos años las empresas manufactureras han sido las más importantes en el sector de la industria en Guanajuato, posicionándose en el cuarto lugar a nivel nacional en la producción de autopartes y en el primer lugar del país, en la producción de vehículos ligeros, según lo dio a conocer Alfredo Arzola, director del Clúster Automotriz de Guanajuato, con estadísticas del INEGI. En 2021, la entidad reportó un crecimiento del 6% en la fabricación de vehículos y un 10% en autopartes, Encuestas realizadas por Clúster Automotriz de Guanajuato afirman el 50% de las empresas en la zona Bajío consideraron nuevos proyectos para el 2022. En los últimos 6 meses del año 2021 en Guanajuato el 50% de las empresas de autopartes tuvieron incremento de plantilla, con generación de dos mil empleos, ahondo el representante del sector de autopartes automotriz. (Hernández 2022)

Esta investigación se llevó a cabo para implementar un mantenimiento predictivo en los equipos de la planta FLEX N GATE, ya que el gerente y los supervisores percibieron durante recorridos en la planta y varios antecedentes de los equipos evidenciaron era necesario mejorar esta situación, Los aspectos que se examinaron fueron la revisión de la condición actual de los equipos, las técnicas utilizadas en los mantenimientos y las supervisiones en las instalaciones así como los problemas ya existentes y las propuestas de solución.

En FLEX N GATE, se ha estado aumentando el número de equipos y líneas de producción, debido a la ampliación de la planta, por nuevos proyectos. La llegada de estos trae consigo más maquinaria por lo que el área de mantenimiento debe continuar cumpliendo con su objetivo de disponibilidad y confiabilidad, en todos los equipos de la planta, sin descuidar ningún área, con el mantenimiento preventivo es suficiente hasta el año 2021 cuando llegó una nueva expansión, de debido a nuevos proyectos por lo que se limita el tiempo del personal con el aumento de la maquinaria. Con solo la aplicación del mantenimiento preventivo y la aplicación del mantenimiento correctivo se comienzan a descuidar algunos equipos tanto por la limitación de las técnicas empleadas como la organización en la planeación del mantenimiento debido a la poca precisión en la detención de

fallas que se tiene con estos mantenimientos. Por lo que se ve necesario el implementar un mantenimiento que incluya más técnicas de análisis de equipo y sirva para predecir con más claridad el tiempo de falla en el equipo, ayudando a dar una planeación de mantenimientos programados para optimizar más el tiempo del personal.

1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Desde principios del siglo XIX, luego de iniciada la Revolución industrial, se comenzó a implementar el mantenimiento industrial toda vez que requería mejorar la producción de bienes y servicios- Con el tiempo, se fueron especializando los procesos y capacitando al personal hasta llegar a lo que conocemos hoy como uno de los mayores beneficios de la industria. Gonzáles, I. (2020, 24 octubre).

La manera de evolucionar el mantenimiento a través de la inclusión de nuevas herramientas a conducido a “la aplicación de la estrategia predictiva en el mantenimiento industrial ha reportado enormes ahorros a aquellas compañías que han sabido aplicarlas estrategias más adecuadas para cada activo”. Ballesteros Robles, F. (2011).

Ahora bien, se especifica en un aporte realizado por Teba, C. (2020). 6 errores para evitar en tu programa de mantenimiento predictivo. Las instrucciones de un mantenimiento predictivo deben ser específicas para cada parte de la instalación, ya que las instalaciones pobres en detalle producen errores y actividades de mantenimiento incorrectas.

Fue a raíz de las nuevas formas de organización del trabajo de Taylor, H. Ford, y Fayol cuando la función de mantenimiento adquiere especialización y autonomía propia, es entonces cuando aparecen la administración, dirección y control de los sistemas mecánicos y eléctricos mediante programas de mantenimiento preventivo como una necesidad ante la exigencia de disponibilidad que manifestaba la industria de proceso continuo.

Durante 1950 un grupo de ingenieros japoneses comenzaron un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente realizaba las recomendaciones dadas por los fabricantes del equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y el mantenimiento del equipo. esta nueva tendencia se llamó mantenimiento preventivo. Fue a partir de aquí que los gerentes de planta se interesaron por hacer que sus supervisores mecánicos, electricistas y otros

técnicos, desarrollaran programas de mantenimiento para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir danos al equipo. Santos, J. F. (2017, 15 marzo).

A pesar de que el Mantenimiento Preventivo ayudó a reducir pérdidas de tiempo, seguía siendo una alternativa costosa. La razón era que muchas partes se remplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. Además de eso el aplicar varias horas innecesarias de labor sumaba más costo a este mantenimiento.

Actualmente en FLEX N GATE se registran una gran cantidad de incidentes en los sistemas eléctricos de la planta, y esto genera paros no programados en las líneas de producción con los que se generan grandes pérdidas económicas. Además de esto se logra detectar una ineficiencia al hora de realizar los mantenimientos preventivos pues se deduce existen diversas actividades que no aportan historial para predecir fallas futuras y a los técnicos les ace falta actualizar sus métodos y herramientas ya que constantemente las fallas están ocurriendo sin anticiparlas y esto provoca paros de producción, por tal motivo los mantenimientos correctivos están al límite de personal.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sucesos históricos en las instalaciones de la planta han dado lugar a diversos paros técnicos por fallas en equipos críticos como transformadores o bancos de capacitores que han causado paros en las líneas de producción al menos detectando un problema en ellos cada mes y en pocas ocasiones se han dado lugar a sucesos críticos donde la reparación a estas maquinarias requería grandes sumas de presupuesto para ser reparadas, pues el mantenimiento predictivo ya se había intentado poner a prueba en algunos equipos críticos pero no era del todo eficiente, por lo que se pretende tomar en un inicio como prioridad todos los equipos críticos ya que se desea prevenir la mayor probabilidad de una falla posible. Pues incluso un calentamiento en los transformadores de la planta

puede ocasionar un severo problema por lo que es necesario monitorearlos todos los días para estar al tanto de cualquier aumento de temperatura.

Datos importantes demostraron que dentro de la planta el 80% del mantenimiento estaba destinado a corregir las fallas y solo el 20% se invertía en la predicción de estas, siendo así que todo el personal está al límite de tiempo y en los equipos va en aumento los paros no programados por lo que para la predicción de los problemas se decidió la implementación de un mantenimiento predictivo.

Constantemente los equipos con motores suelen sobrecalentarse y debido al sobrecalentamiento suelen averiarse, esto pasa con frecuencia en los equipos que trabajan largas horas continuas, siendo así que un paro por este tipo de sobrecalentamiento puede detener la producción desde un par de minutos hasta días completos.

Se tiene un registro del porcentaje de la medición del desempeño y rendimiento a través del tiempo de inactividad en los equipos, esto es usado como un análisis antes de la implementación del mantenimiento predictivo. La figura 1, muestra la interpretación del desempeño general de mantenimiento durante un periodo en los meses de enero-mayo 2021.

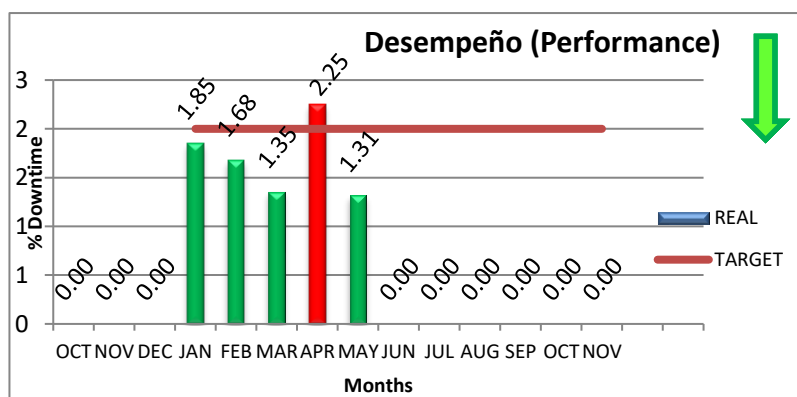


Figura 1: Desempeño del área de mantenimiento, enero- mayo 2021.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

La gráfica muestra el porcentaje de tiempo muerto durante cada mes y el objetivo que se desea cumplir, en abril se muestra fue la excepción de no cumplir el objetivo.

El tiempo muerto se deriva de las 5 áreas principales de mantenimiento en estos meses solo 3 de ellas contribuyeron a la mayoría del porcentaje de tiempo muerto acumulado. La figura 2, muestra los contribuyentes a la mayoría del tiempo de paro.

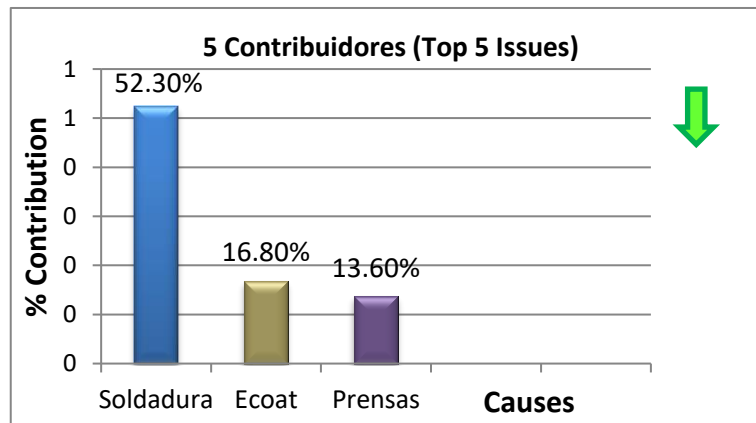


Figura 2: Contribuidores al tiempo de paro en las líneas.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Es evidente en el área de soldadura se presentan la mayoría de contribución con los tiempos muertos, aunque en el área de Ecoat y Prensas también se refleja un porcentaje considerable, sumando un total de 82,7 % de tiempo muerto total en el área de mantenimiento.

La falta de un sistema termográfico en el mantenimiento provoca el dejar pasar por alto diversos puntos calientes que pueden llevar a un sobrecalentamiento en los equipos, ocasionando que estos se averíen creando una serie de eventos desafortunados para la empresa pues demanda tiempo perdido por el paro no programado del equipo, se solicita mover personal para atender la falla distrayendo a los técnicos de sus actividades ya programadas, además de que se requiere una inversión necesaria para la reparación del equipo.

En cuestión de seguridad representa un peligro el no estar al tanto de una posible falla que pudiera ser un riesgo para los técnicos que realizan el mantenimiento.

Los estudios han revelado que el mantenimiento predictivo prolonga la vida útil de los activos antiguos en un 20%. Además de que reduce los riesgos de seguridad, salud, ambiente y calidad en al menos 14 %.

¿Cómo será reflejado el aumento en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos implementando el mantenimiento predictivo en 6 meses?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un programa de mantenimiento predictivo en el área de mantenimiento en la empresa FLEX N GATE, basado en mediciones e interpretación de gráficos consecutivos, utilizando técnicas como la termografía para el mejoramiento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los equipos elegidos para el mantenimiento predictivo.
- Crear un check list único para registrar y diagnosticar la toma de datos en los equipos.
- Capacitar al personal de mantenimiento en el programa de mantenimiento predictivo y en el uso correcto de la termografía.
- Realizar pruebas exitosas del mantenimiento predictivo en los equipos críticos.
- Mejorar y corregir los check list para que sean del todo eficientes.
- Evaluar los resultados en la implementación del mantenimiento predictivo.

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos sobre los técnicos de mantenimiento al implementar un cambio en sus rutinas de trabajo de mantenimientos preventivos a mantenimientos predictivos y la inclusión de técnicas como la termografía?

¿Cuál son los ahorros en la implementación de un mantenimiento predictivo a otros mantenimientos dentro de la planta?

¿Por qué es importante incluir el mantenimiento predictivo dentro de una empresa manufacturera?

¿Como va a beneficiar el mantener un check list donde se ingresen gráficamente los datos tomados de los mantenimientos anteriores como historial médico de una maquinaria?

¿Cómo puede influir en otras plantas los resultados obtenidos en la implementación de este mantenimiento predictivo en FLEX N GATE?

1.5 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es favorable tanto para el área de mantenimiento en la empresa como para el área de producción ya que se buscan cumplir objetivos compartidos como la disponibilidad de los equipos, en todo momento se busca mantener la disponibilidad de los equipos para evitar los paros no programados en la producción por fallas en los equipos, además de esto el desarrollo de esta investigación pretende mejorar el rendimiento de los equipos influyendo así en los costos de producción al impactar en la reducción de reparaciones en los equipos.

La implementación de esta investigación en la empresa FLEX N GATE es viable ya que se cuenta con el equipo y el personal necesario para llevarla a cabo, al ya contar con la mayoría de estos equipos en la planta y partiendo de un mantenimiento preventivo ya establecido. Además de esto para este proyecto se cuenta con la aprobación por parte de la alta gerencia esto facilitara deláxelo a toda la información necesaria para el análisis y diseño del programa del plan de mantenimiento predictivo, también cuenta con la colaboración del personal técnico de mantenimiento y los operadores de producción.

La investigación tiene una utilidad metodológica, ya que podrá utilizarse para futuras investigaciones donde se utilicen metodologías similares, de forma que

se puedan realizar análisis en conjunto, comparaciones entre periodos temporales concretos y evaluaciones de las intervenciones que se estarán llevando a cabo.

En un aspecto profesional el estudio pretende contribuir a los avances industriales que se realizan a nivel nacional, y en particular en la empresa FLEXN GATE sobre el aumento de los conocimientos en cuanto a nuevas técnicas y equipos de medición, así como en la optimización del tiempo en los técnicos y desarrollando un sistema esencial para los procesos de mantenimiento, así mismo mejorando el servicio en los equipos de la planta.

2 CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Partiendo desde la importancia del **mantenimiento predictivo en una instalación eléctrica**. Este concepto tiene como base que las máquinas o instalaciones dan una serie de avisos antes de que fallen y haciendo esta clase de mantenimiento se busca reconocer los síntomas para tomar acciones y las decisiones de reparación o cambio antes de que pueda producirse un fallo. Esta clase de mantenimiento se lleva a cabo antes de que se produzca una avería o un fallo en la instalación eléctrica. Se trata de revisar de forma periódica diferentes aspectos relacionados con los componentes de un equipo que influyen en un correcto funcionamiento del sistema y también en la integridad de la infraestructura. Muntatges, B. (2019, 21 enero).

Mantenimiento predictivo es aplicado como serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallos y defectos de maquinaria en etapas tempranas. Mientras que el **mantenimiento preventivo** es el destinado a la conservación de los equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garantice el buen funcionamiento y fiabilidad.

Mantenimiento correctivo es la forma más básica del mantenimiento consiste en localizar averías o defectos en las instalaciones o equipos y repararlos.

Diario de campo: El diario de campo es una herramienta de investigación que contiene todos los datos recogidos sobre el terreno en una investigación de campo. Generalmente, el investigador utiliza un diario de campo para registrar sus observaciones y pensamientos de forma ordenada, ya que este registro permite recoger pistas sobre el funcionamiento de un sistema social. (Ortega, 2021).

Registro fotográfico: se utiliza como un medio para la recolección de información durante el trabajo de campo. El resultante de las tomas, las fotos, conforman un corpus de datos que posteriormente deberán ser analizados atendiendo a las categorías elaboradas en el marco de la investigación.

Guía de observación: es un instrumento que permite al observador situarse de manera sistemática en aquello que realmente es objeto de estudio para la investigación; también es el medio que conduce la recolección y obtención de datos e información de un hecho o fenómeno. (Criollo, 2021).

Compresor industrial: dispositivo que comprime aire y nos sirve para usar una amplia gama de herramientas neumáticas. Son maquinas cuya función es desplazar fluidos aumentando progresivamente y según la necesidad de la tarea, la presión que ejerce. Los fluidos que circulan dentro del compresor de aire se conocen como “comprensibles” estos son el aire de los gases y los vapores. Aumenta los llamados fluidos comprensibles para desplazar mediante compresión mecánica.

Aire comprimido en la industria: Se considera el cuarto recurso del cual no se puede prescindir, este resulta de vital importancia para la operación de maquinarias industriales múltiples aplicaciones. Se estima que más del 20% de la energía consumida en la industria proviene del aire comprimido. (Sanches, 2021)

Prensa hidráulica: esta “se basa en el Principio de Pascal y en realidad, es un funcionamiento bastante simple. La prensa está formada por cilindros, pistones, tuberías hidráulicas, líquido entre otros. El sistema consta de dos cilindros con émbolos de diámetros diferentes que se llenan con un fluido. El fluido está presente en ambos cilindros y suele ser aceite o agua. Cuando se inserta un pistón en el cilindro esclavo (el más pequeño) esta presión hace que el fluido se mueva a través de una tubería y dentro del cilindro maestro (el más grande). La fuerza aplica sobre el fluido da como resultado una gran fuerza que, junto a la placa de prensa, permite que el material que se quiere trabajar se perfora o se tritura en laminas. (solpress, 2020).

Rectificadores: son dispositivos electrónicos o circuitos que logran transformar la corriente alterna en corriente continua. Se utilizan con frecuencia para hacer

funcionar motores de corriente continua de alta potencia y para alimentar los circuitos de equipos electrónicos. (Silva, 2019).

La Termografía es una Técnica que permite registrar gráficamente las temperaturas de un cuerpo u objeto.

Sistemas eléctricos: comprende los medios y elementos para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.

Técnicos de mantenimiento: es el centro de la evolución de los sistemas industriales y su principal objetivo es prevenir más que reparar las averías.

Check list: método de control que relaciona diversas tareas, actividades. Se debe seguir para alcanzar un resultado de forma sistemática.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

A finales de los 50 del siglo pasado, un pequeño grupo de emprendedores de Ohio (Estados Unidos) dedicados al mantenimiento predictivo y motivados por una necesidad económica, desarrollaron una herramienta capaz de detectar anomalías en ciertos tipos de motores eléctricos que generaban continuos problemas mecánicos. Por otra parte, las paradas de las maquinas en algunos procesos de producción implicaban costos altos y evitarlos, significaba importantes ahorros de dinero de esta forma se dieron los primeros pasos en el desarrollo de lo que hoy se conoce como mantenimiento predictivo. C. (2017, 17 julio).

2.2.2 DESCUBRIMIENTO DEL INFRARROJO

Desde un comienzo se le acredita el descubrimiento del infrarrojo a Sir William Herschel, se cuenta esto sucedió mientras realizaba experimentos de temperatura con un prisma, hizo que la Luz del sol pasara a través del prisma de vidrio, reflejando así los distintos colores del espectro, entre ellos (violeta, índigo,

Azul, Verde, Amarillo, Naranja y Rojo). Con el uso de un termómetro tomo las diferentes temperaturas de cada color individualmente y encontró que a medida que movía el termómetro de los colores más fríos como el índigo o el azul, hacia los colores más cálidos como el naranja o el rojo, existía un aumento de temperatura asociado. Galán, J. (2019, diciembre).

De hecho, cuando movió el termómetro más allá de los rayos de color rojo, descubrió que había temperaturas más altas. Ahora esta región se denomina “infrarrojo”.

Esta Radiación infrarroja descubierta en 1800 por el astrónomo sir William Herschel, quien descubrió el tipo de radiación invisible en el espectro de menor energía que la luz roja, mediante su medición través del termómetro. También se comprobó que más de la mitad de la energía total que llega del sol a la tierra es en forma de infrarrojos. Y este equilibrio entre la radiación infrarroja absorbida y emitida tiene un efecto considerable en el clima de la tierra.

Podemos encontrar que William Herschel escribió sobre sus experimentos en la publicación philosophical Transactions of the Royal Society durante el 27 de marzo, 24 de abril y 15 de mayo en 1800. Siendo el 15 de mayo cuando dijo “Siendo a hora evidente que había una refracción de rayos provenientes del sol que, si bien no eran aptos para la visión, estaban altamente investidos de un poder de ocasionar calor. Procedo a examinar su alcance de la siguiente forma.”

2.2.3 ANTECEDENTES DE LA TERMOGRAFÍA

Se conoce la existencia de la termografía desde la década de los ´50, se dice que fue usada para usos militares desde ese entonces, tiempo después en la década de los ´60, en Suecia sale a la venta la primera cámara hecha por la empresa sueca AGA ya usada para propósitos civiles y comerciales en 1960. T.A.S.A. (2018).

Esta cámara al ser la primera era un sistema un tanto grande que requería incluso de toda una camioneta para ser transportada, aunque cabe señalar que las imágenes eran las más desatacada puesto que eran las primeras en ser

reconocidas y esto a su vez atraía la atención de muchas personas, ya que ver una imagen infrarrojo era descriptivamente sorprendente además de los grandes beneficios que traía consigo este nuevo paso en la tecnología infrarroja.

Siendo anunciadas estas imágenes de termografías como revolucionarias dentro de las industrias de servicios eléctricos.

Para las aplicaciones militares se continuó trabajando con avances en el desarrollo de cámaras más pequeñas y ligeras, por la década de los 70's estas cámaras mostraron un constante uso en las industrias, además de que se desarrollaron nuevos sistemas enfriados con nitrógeno líquido, tiempo después se presentaron otras cámaras como la Hughes Probeye y la AGA Thermovision 110. Ambos diseños eran sistema de escaneado, la Probeye se enfriaba con gas argón comprimido a alta presión y la 110 se enfriaba eléctricamente.

Al comienzo de los 80's comenzaron a comercializarse los primeros sistemas de escaneado de medición directa, estos permitían la medición de la temperatura radiométrica directamente sobre la imagen, aun mostrando un tamaño bastante grande estos sistemas comenzaron a mostrar un nivel impresionante de confiabilidad y precisión radiométrica. Aun en estos sistemas se continuaba utilizando criogénicos para enfriar, pero se presentaron en el mercado unidades enfriadas termoeléctricamente que fueron bien recibidas.

La mayoría de estos sistemas creados o disponibles hasta estas fechas utilizaban tecnología de escaneado, tiempo después se descubrieron otros sistemas en base a tubos de vidicon piro eléctrico (PEV) electrónicos térmicamente sensibles similares a los usados en la industria de la televisión. En estos sistemas los escáneres tenían menor sensibilidad y presentaban la ventaja de no necesitar enfriamiento.

2.2.4 COMPRENSIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El experimento de Herschel fue importante porque fue la primera vez que alguien demostrada empíricamente que había tipos de luz no visibles al ojo humano lo que ejerce la había descubierto era una forma de luz más allá de la roja lo que

hoy conocemos como radiación infrarroja nuestros ojos están diseñados para detectar la luz visible pero hay otras formas de luz que no podemos ver como descubrió Herschel pocos animales ven los infrarrojos no obstante las serpientes de cascabel y otras víboras poseen dos pequeños.

órganos o fosas entre los ojos y la nariz capaces de detectar los rayos infrarrojos así incluso en la oscuridad son capaces de atacar con total precisión a sus presas de sangre caliente, pues el ojo humano sólo alcanza a ver una mínima parte del espectro electromagnético en un extremo no es capaz de ver los rayos gamma la luz ultravioleta ni los rayos x- y, en el otro no es capaz de distinguir los rayos infrarrojos las microondas y las ondas de radio los infrarrojos, están a medio camino entre el espectro visible y las microondas del espectro electromagnético.

La diferencia entre la luz infrarroja y la visible es la longitud de onda de los infrarrojos es demasiado grande para nuestros ojos, otra forma de ilustrar esto mismo es con la ley de la radiación de Max Planck formulada en 1900.

Cuanto mayor es la temperatura de un cuerpo más cantidad de energía emite en cada longitud de onda y menor es la longitud de onda en la que el nivel de emisión es más alto.

Suena complicado, pero no lo es, esta es la curva 37 grados centígrados la temperatura corporal normal del ser humano, la radiación máxima se emite a unos 93 micrómetros y la única manera de verla es con una cámara de infrarrojos.

Todos los días estamos expuestos a rayos infrarrojos el calor de la luz solar del fuego de un radiador son formas de infrarrojos y aunque nuestros ojos no los vean los nervios de nuestra piel los perciben como calor, cuanto más caliente es un objeto más radiación de infrarrojos emite.

2.2.5 DESARROLLO DE LA CAMARA TERMOGRÁFICA

Las cámaras de infrarrojos también llamadas termográficas miden la cantidad de rayos infrarrojos que inciden en su detector cuando se calibran de forma especial algunas cámaras térmicas son capaces de medir la temperatura de los objetos.

La termografía no es lo mismo que usar gafas de visión nocturna, en absoluto estas gafas lo único que hacen es amplificar pequeños haces de luz visible para poder ver los objetos por la noche, solo funcionan si hay luz por muy poca que sea de la luna o de las estrellas.

La termografía funciona al detectar el calor radiante de los cuerpos, no necesita la presencia de luz.

La primera cámara termográfica se diseñó en 1958 Gabor Force, en Suecia, con fines militares en 1965 se vendió la primera unidad para aplicación industrial el mismo año se lanzó al mercado un escáner Comercial.

Hoy en día se desarrollan y comercializan nuevas cámaras termográficas más sofisticadas en el mercado con detectores con y sin refrigeración, pero ¿cómo funciona una cámara termográfica?

Aunque las cámaras termográficas se parecen mucho a las cámaras normales están lejos de ser lo mismo el cristal no es un buen conductor de rayos infrarrojos por eso las lentes de una cámara de hierro están hechas de germanio un metal muy costoso pero muy buen conductor de la radiación de infrarrojos.

La energía de infrarrojos que irradia un objeto se enfoca con el sistema óptico sobre un detector de infrarrojos el detector envía los datos al sensor electrónico para procesar la imagen y el sensor traduce los datos en una imagen compatible con el visor y visualizable en un monitor de vídeo estándar o una pantalla de cristal.

La termografía de infrarrojos es el arte de transformar una imagen de infrarrojos en una imagen radio métrica que permita leer los valores de temperatura.

Para entender bien las temperaturas hay que tener en cuenta un importante factor la emisividad, pues la emisividad se define como la capacidad que tiene un cuerpo para emitir energía infrarroja y depende en gran medida de las propiedades de los materiales del cuerpo, así es importante configurar bien la emisividad de la cámara para no medir mal las temperaturas, si enfocamos a un hombre y bajamos el punto de visibilidad las temperaturas que miramos aumentarán drásticamente y esto no solo se cumple con los seres humanos sino también con otros materiales por eso es tan importante fijar bien el punto de emisividad de las cámaras termográficas, estos ajustes predefinidos de emisividad para muchos materiales si no lo encuentra en la cámara se pueden buscar una tabla de emisividades.

Como se sabe después del hallazgo de Herschel las cámaras termográficas son muy compactas y muy fáciles de usar, las cámaras integran los más avanzados conceptos tecnológicos tanto de hardware como de software lanzando el sector termográfico con sistemas más utilizados en una amplia variedad de aplicaciones comerciales industriales, además de gubernamentales investigaciones recientes en materia de tecnología de detectores han generado múltiples usos prácticos para la radiación de infrarrojos en el mantenimiento predictivo máxima visión e investigación.

2.2.6 SISTEMAS TERMOGRÁFICOS

Las ventajas que ofrece la termografía se utilizan para detectar pérdidas de calor en edificios, medir tensiones y fallos de sistemas mecánicos y eléctricos y vigilar los niveles de contaminación, en la lucha anti-incendio.

Las cámaras termográficas mostrada en la figura 3, permiten localizar a personas atrapadas en humo denso y detectar puntos calientes en incendios Forestales también hay muchas aplicaciones de visión nocturna que no requieren mediciones de temperatura por ejemplo la seguridad y la vigilancia el sector marítimo, la industria de la automatización, las fuerzas de seguridad del estado y muchos otros se benefician de las potentes ventajas de la termografía gracias al magnífico descubrimiento de William Herschel.



Figura 3. Cámara termográfica, Modelo: Fluke Ti32
Fuente: FLEX N GATE.

La termografía es la ciencia encargada de estudiar el uso de dispositivos ópticos-electrónicos para detectar y medir la radiación infrarroja a partir de la cual se obtiene la temperatura de la superficie del cuerpo bajo el estudio.

Aunque no es difícil aprender a usar un equipo de imagen térmica infrarrojo como la cámara termográfica. Tampoco es difícil cometer errores al momento de interpretar lo que se observa a primera vista, de aquí la importancia de conocer las limitaciones de la tecnología, ya que siempre se debe considerar la cámara termográfica como solo como un instrumento que se manipula de acuerdo con la destreza de quien la manipula, asimismo el uso que le demos dependerá de nuestras capacidades para comprender su funcionamiento.

2.2.7 COEFICIENTES EN LOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS

La inclusión de un sistema termográfico es indispensable para captar los aumentos de temperatura en los equipos, motores y sistemas eléctricos donde se tiene “el grupo de componentes identificados como principales presentan un tipo de fallo funcional el cual debe evitarse que ese presente y su magnitud a analizar con la técnica predictiva es la temperatura, esta información ayuda a escoger la técnica de termografía”. Loya Ñato, D. (2020).

La termografía conlleva su propia medición, la emisividad, esta es una propiedad del material que describe la eficiencia con la cual una superficie irradia o emite calor, esta emisividad es medible en un valor entre 0.0 – 1.0.

Los materiales brillosos tienen una emisividad baja a diferencia de los objetivos no metálicos estos tienen emisividad elevada.

2.2.8 COMPONENTES EN LOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS

Los sistemas termográficos por lo general están formados por varios componentes comunes con los cuales se debe estar familiarizado para tomar termografías confiables.

Las lentes, sirven para enfocar la radiación entrante sobre el detector. Por lo general no son transparentes a la luz visible y los materiales comúnmente utilizados para las lentes son germanio (Ge) Silicio (Si) y Selenuro de zinc (ZnSe)

Detector es donde se centra la radiación y se produce una respuesta mensurable, ya sea una carga eléctrica o un cambio en la resistencia. Los materiales comúnmente utilizados para los detectores son silicio de platino (PtSi), telurio de cadmio y mercurio (HgCdTe) y antimonio de indio (InSb).

Diversos controles en el sistema permiten realizar ajustes para controlar la entrada de radiación infrarroja o la salida de datos. Esto por lo general incluye ajustes de rango e intervalo, nivel térmico, emisividad otras funciones de medición de temperatura.

Display: Los datos procesados salen en un display ya sea una pantalla visor o display de cristal líquido, Con frecuencia los datos también se pueden descargar en una computadora a través de un puerto RS-232. La salida de video o S-video le permite mostrar la imagen térmica en cualquier monitor o grabarla en una videograbadora.

2.2.9 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES

En los mantenimientos de los equipos el principal objetivo es evitar las consecuencias de los fallos del equipo, buscando prevenir las incidencias antes de que ocurran. “El impacto de las paradas por intervenciones en las maquinas según una estrategia reactiva, preventiva o predictiva. Con las estrategias preventiva y predictiva el tiempo de preparación no es un tiempo improductivo, puesto que al programarse la reparación ya se conoce sobre que componentes se ha de actuar y, por lo tanto, se preparan los trabajos con antelación.” Ballesteros Robles, F. (2011).

Para las maquinas como las prensas su mantenimiento requiere tareas tales como lavado, limpieza, filtrado, ajustes, entre otros. Además de estas tareas se debe realizar inspecciones, detecciones, exámenes y pruebas para garantizar la fiabilidad y seguridad que se exige. Se deben realizar rutinas de mantenimiento en las válvulas neumáticas, para el correcto funcionamiento de freno y embrague.

Con la finalidad de hacer eficiente el proceso operacional se deben comprobar el consumo óptimo de lubricante y neumáticos. Así como también revisar el subsistema eléctrico y Recuperación de la funcionalidad del sistema, mediante sustitución, reparación, Restauración o renovación, en el caso de que haya una avería. En la figura 4. Muestra prensa mecánica de estampado Verson.



Figura 4. Prensa mecánica de estampado.
Fuente: enprotech industrial technologies,2017.
Elaborado por: enpromtech.com

Al igual que en los demás equipos se debe tomar las mediciones de Voltaje, Amperaje, Vibraciones y termografía en todos los motores de la prensa. Es evidente que no será posible tomar la medición en algunos casos especiales por la ubicación del motor y motivos de seguridad hacia los técnicos. Pero es importante tomar todas las medidas posibles y hacer saber las que no son posibles para hacer eficiente los mantenimientos predictivos.

Los rectificadores utilizados en la mayoría de la planta son principalmente Dynapower, se muestra en la figura 5. Un plan de mantenimiento en estos equipos está diseñado para garantizar la confiabilidad y el rendimiento continuo, cubriendo una serie de verificaciones de salud, seguridad, rendimiento y cumplimiento. Estando diseñados para extender el tiempo entre las fallas, así como aumentar la efectividad generada por el equipo.



Figura 5: Rectificador Dynapower.
Fuente: Products Finishing México. (2021, 1 junio).
Elaborado por: Garner Business Medina.

En si el mantenimiento en estos equipos está basado en informes de calibración, Verificación de seguridad, un seguimiento del rendimiento eléctrico, verificación del funcionamiento del rectificador durante el proceso según las tolerancias

permitidas, verificación visual de la presión del medidor, así como observaciones visuales.

3 CAPÍTULO III. HIPÓTESIS

Hipótesis

“La implementación de un mantenimiento predictivo con la inclusión de un sistema termográfico en el área de mantenimiento aumenta la confiabilidad y disponibilidad de los equipos al igual que hace más eficiente su funcionamiento”

3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: La implementación de un mantenimiento predictivo con la inclusión de un sistema termográfico.

3.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Aumento de confiabilidad y disponibilidad de los equipos, aumento eficiente del funcionamiento.

3.3 VARIABLES INTERVINIENTES:

- Herramientas de trabajo
- Capacitación del personal operativo
- Disponibilidad del personal

El que los técnicos cuenten con las herramientas y la capacitación necesaria para los mantenimientos, la disponibilidad de los equipos y personal para realizar las pruebas, la cooperación y coordinación de la gerencia para la realización de los mantenimientos.

4 CAPIULO IV. MARCO METODOLÓGICO.

4.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrollará conforme a un planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, debido a que es el que mejor se adapta a las necesidades y características de la investigación.

El enfoque cuantitativo busca probar la hipótesis establecida, en este se utiliza análisis y recolección de datos para contestar la pregunta de investigación. metodológicamente “Se caracteriza por privilegiar la lógica empírico-deductiva, a partir de procedimientos rigurosos, métodos experimentales y el uso de técnicas de recolección de datos estadísticos”. Solís, L. D. M. (2020, 22 septiembre).

De este enfoque cuantitativo se emplearán técnicas como Muestreo probabilístico para recolectar información de los equipos con mantenimientos preventivos en la planta y la revisión de documentos para fortalecer la

investigación a través de evidencia física de los antecedentes de los mantenimientos y el estado actual de los equipos.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN:

Debido a la investigación cuantitativa se utilizará un estudio descriptivo ya que “es un método que intenta recopilar información cuantificable para ser utilizada en el análisis estadístico de la muestra de población. Además de esto es una herramienta popular de investigación de mercado que permite recopilar y describir la naturaleza del segmento demográfico.” (Muguira 2021)

En la investigación descriptiva también se pueden medir las tendencias de los datos a lo largo del tiempo en los análisis de las máquinas y equipos de la planta o realizar comparaciones de los mantenimientos ya que la investigación descriptiva también se puede utilizar para comparar los servicios.

4.2.2 TIPO DE ESTUDIO:

Con respecto al alcance de la investigación se elige el estudio descriptivo ya que permite mostrar categorías o dimensiones un fenómeno como el mantenimiento de los equipos, sirve para delimitar lo que se pretende medir como es la confiabilidad y disponibilidad de los equipos en la planta. A través de este estudio se identifica la población de estudio, que serán los equipos críticos.

4.2.3 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS:

Los datos fueron recolectados mediante una observación estructurada en los equipos de la planta tomando de inicio los más críticos siendo elegidos mediante los supervisores, esta selección de equipos es mediante un cuestionario que sirve como guía de entrevista, con preguntas estratégicamente diseñadas, como:

1. ¿El equipo en situación de paro en la planta causa también un paro al cliente?

2. ¿Existe algún equipo alternativo que pueda sustituirlo de inmediato en la línea?
3. ¿En caso de paro de este equipo cuantas líneas se paran en la planta?

Para evaluar e identificar si los equipos son suficientemente importantes para ser tomados como críticos, con el cuestionario se conoce si los equipos cumplen con las necesidades a candidatos críticos, lo cual permitirá ejecutar diferentes estrategias para medir prioridades, esto facilita el proceso de selección de equipos.

Después de la selección de equipos se continua con la consulta de información histórica documentada para lo cual se utilizan Diarios de campo, Registros fotográficos y guías de observaciones, que evaluaban el estado actual de los equipos y su rendimiento. Todos los datos se utilizan para creación de un check list donde se realiza la evaluación y la validez por parte de los supervisores apoyados por expertos del área así como expertos de los equipos a evaluar, después se utiliza una revisión de análisis crítica a través de los mismos supervisores y técnicos de mantenimiento aportan sus comentarios para corrección y simplificación del check list, dejando lo más eficiente posible el formato que servirá para la detección de la confiabilidad utilizando graficas que identificaban en automático los datos ingresados al sistema. Los datos se recolectaron durante agosto 2021 – noviembre 2021, de manera colectiva cada registro implicó alrededor de una semana, en cada observación fuera de lo normal se veía la intervención del supervisor de mantenimiento predictivo para apoyar en la situación. Los datos de cada equipo fueron clasificados acorde al área de la planta en este caso Soldadura, Estampado, Servicios Generales, Pintura, Cromo y Pulido, en cada área se realizaron solo check list para los equipos críticos y de estos se tomaron como replica base para todos los demás equipos del área. Una vez realizadas las primeras observaciones se ajustó a el check list de tal manera que fuese claro en las ordenes de trabajo y fácil de llenar. Se preveía a la aplicación de herramientas como la cámara termográfica, multímetro, analizador de vibraciones, entre otros, cada técnico de

mantenimiento fue capacitado de tal manera que pudiera utilizar las herramientas que se pedían utilizar y capacitados en el llenado del check list, así como se les dio una prueba en campo para la realización física del mantenimiento predictivo, de la misma manera antes de cada mantenimiento predictivo los técnicos se aseguran de revisar la calibración de sus instrumentos de medición. La consistencia de los datos se estimó será constante y las anomalías serán detectadas fácilmente.

4.2.4 MUESTREO DE LA INVESTIGACIÓN:

Para la investigación se utilizará un muestreo estratificado debido se puede implementar por cantidades pequeñas, representando cada grupo y con estas realizar más rápido el levantamiento de datos en los equipos que en su mayoría son similares en cada área.

“El muestreo aleatorio estratificado es un método en el que el investigador divide la población en grupos más pequeños que no se superponen, sino que representan a toda la población. Durante el muestreo, estos grupos pueden organizarse y luego extraer una muestra de cada grupo por separado”. (Ortega, 2021).

Los objetos de estudio son equipos de la planta como robots, transformadores, bancos de capacitores, prensas, rectificadores, extractores donde cada equipo está destinada a una actividad diferente de mantenimiento, por lo que se programa una reunión con la presencia de un supervisor de cada área reuniendo 5 supervisores del primer turno se realiza un listado de los equipos a evaluar a partir de un cuestionario planteado. Los supervisores de cada área son quienes eligen los equipos críticos y con base a su elección se crea un listado general de los equipos críticos por área (Véase en anexo 1).

Como los equipos críticos fueron demasiados, los supervisores del primer turno elijan prioridad entre los equipos críticos, y acorde a los resultados de la pequeña encuesta se decide tomar de inicio los primeros críticos, la tabla 1, muestra los equipos elegidos como prioridad entre los críticos.

Área	Supervisor	Equipos elegidos como prioridad
Soldadura	Luis Alberto	-Celda mig Toyota 989 -Celda mig Nissan H60A -Pedestal 2 de Nissan P71(2pistolas) -Robots
Prensas	Pablo	-Prensas 15 DANLY -Prensa 21 Hidro formado -Convellers
Servicios Generales	Hernando	Compresores
Cromo	Fernando	Rectificadores

Tabla 1: Prioridad de equipos críticos por área.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX NGATE.

Acorde a este listado de equipos de realizaran los primeros check list en cada área para dar seguimiento a la implementación del mantenimiento predictivo en todos los equipos críticos.

5. CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS.

Al comenzar con el proyecto lo primero es seleccionar los equipos de la planta y elegir los críticos para después solo replicar los check list a los equipos similares y a partir de este muestreo ahorrar tiempo.

Los supervisores de mantenimiento y los técnicos son participes de esto a través de sus experiencias y conocimiento dan sugerencias y aportan evidencias para elegir los equipos críticos, y crear el listado de maquinaria critica, se realiza una reunión con los supervisores de mantenimiento donde se eligen los equipos críticos de acuerdo a tres preguntas planteadas y respondiendo a estas preguntas los supervisores ayudan a elegir un listado de los equipos críticos en cada área de la planta (Véase en anexo 1).

5.1.2 BÚSQUEDA DE DATOS DE PLACA E INFORMACIÓN DE EQUIPOS

Para comenzar a planear el mantenimiento predictivo como rutina de los técnicos, comenzamos buscando los datos de placa de los equipos seleccionados como críticos y tomar la evidencia fotográfica del equipo para utilizarla más adelante en el check list creado para el mantenimiento predictivo. La figura 6, muestra la foto de placa de un equipo.

los cuales tienen las siguientes características 20 H.P. A 1750 RPM y 15 H.P. A 850 RPM.

Características de lubricación del motor Marca ABB:
Engrase en la primera puesta en marcha, así como después de unos días de servicio hasta que la grasa salga por la abertura de evacuación. Utilize Lithia Grease No 2, Quaker State.

EQUIPO MOTRIZ			
Motor eléctrico A.C.	Amazón 324-T	11.P. 20/15	Velocidad(RPM) 1750/870
Maquina	TRANSPORTADOR DE CHATARRA		
Características	Polos conmutables 2 velocidades Tipo 374 A 4/8		
Info. Entrada excepto.	Velocidad Base 870 RPM		
Motor A.C.	Velocidad máxima 1750 RPM		
Tipo	Torque constante 15 H.P.		
Maquina accionada	Energía eléctrica 140V voltios, 440V Voltios		
Potencia requerida	H.P. 20 H.P. a 1750 RPM.	A 26.3	Torque
RPM de entrada	11.P 15 a 870 R.P.M	A 28.7	Torque
Flacha 2 3/8" dia.	Red. 6312, 6310	E4% 89.8	
Servicio	Hrs./dia 24 Hrs.	Continuo X	Intermitente
Cargas de choque	Uniforme	Moderada	Pesada
Condición	Interior X	Exterior	
Ambiente	Temp Ambiente 40 - 60 grados C	F.S. 1.15	
	Calidad del aire	Normal X	Gras
		Polvoso	Peso 265Kp.

Figura 6: Placa de un transportador de chatarra.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

En esta nos revela datos importantes como el modelo y número de serie para identificar el equipo, año de fabricación para tomar encuentra su vida útil, poder del motor y R.P.M. del equipo.

Los datos del motor de cada equipo son igual de importantes por lo que también se toma fotografía de la placa del motor en este caso, en la placa encontramos datos del motor como Marca del motor, tipo, serie, Amperaje, R.P.M., temperatura máxima, peso y un diagrama de conexión. Todo esto sirve una vez que el motor llegará a fallar y no haya reparación se puede buscar el motor similar que sustituirá rápidamente este motor, tomando los datos del motor anterior. Esto ayudara a disminuir los tiempos del mantenimiento y paro del equipo. La figura 7, muestra la foto de placa de un motor eléctrico.

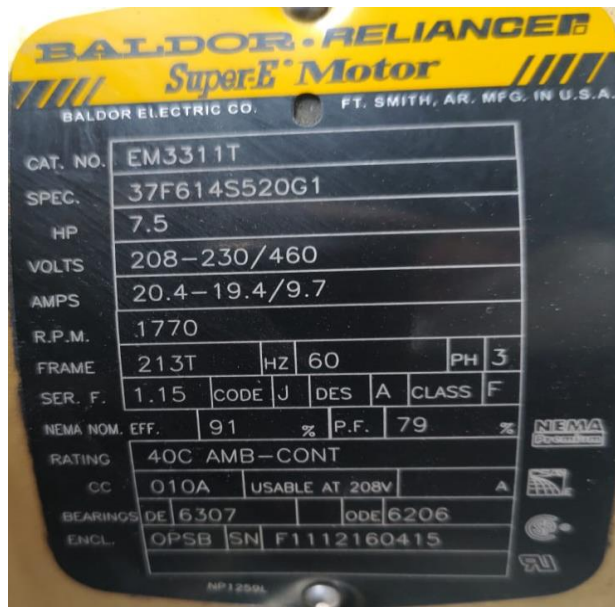


Figura 7: Foto de placa de motor eléctrico.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Una vez teniendo los datos de la placa se continua con la revisión de los mantenimientos preventivos que se le hacían anteriormente para analizar que tareas pueden ser de utilidad y conservarlas en el mantenimiento predictivo. Para esto buscamos una antigua orden de trabajo de mantenimiento preventivo del equipo. La figura 8, muestra una orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SCRAP CONVEYOR B; NAVE 2

Equipo No.:	FNG-SM-38	Departamento:	MTTO SERVICIOS
No. Serie:	N/A	Edificio	NAVE II
Tipo Mantto	Mantenimiento Preventivo	Ubicación:	TUNEL PRENSAS
Asignado a:	Tec. Mtto.	Fecha Inicio:	12/01/2018
Asignado por:	Sup. Mtto.	Fecha Termina:	12/01/2018

	SATISFACTORIA	INSATISFACTORIA	COMENTARIOS
BANDA B			
MOTORES 1 Y 2			
Revisar que no existan ruidos perceptibles en baleros y flechas de	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Checar que las conexiones de motores esten en buen estado	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar los acoplamientos, tanto cople como cuñeros	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
REDUCTOR			
Revisar que este bien alineado	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar Catarina motriz e inducida, cadenas, chumacera y cuñas.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar fijacion de pernos de seguridad en catarina	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Engrasar chumaceras	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar nivel de aceite	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
CONTROL ELÉCTRICO.			
Revisar conexiones, contactores ,reaprietes y limpieza.	<input type="text"/>	<input type="text" value="X"/>	<u>Se reaprietan</u>
Revisar conexiones y Sensor de movimiento.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	<u>conexiones.</u>
ESTRUCTURA EN GENERAL			
Revisar alineacion y limpieza de rodajas.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Cambiar baleros de rodajas dañadas	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Sacar scraps atorados entre canjilones	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Reisar el apriete de tornilleria de canjilones	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Checar y colocar chabetas faltantes en cadenas de canjilones	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar estado y engrasar chumaceras	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Enderezar aletas dañadas de canjilones	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
FUNCIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			
Revisar paros y cuerdas de emergencia.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar dispositivo de seguridad corte energia en mantenimiento.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
Revisar torretas y alarmas audibles.	<input type="text" value="Ok"/>	<input type="text"/>	
COMENTARIOS Y OBSERVACIONES GENERALES:			
	<u>Se reaprietan conexiones y paros de emergencia</u>		

Figura 8: Orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Analizando la orden de trabajo se conservan las tareas más indispensables como las relacionadas con el control eléctrico en los motores que tenga el equipo y el sistema eléctrico en general del equipo, así como una revisión del estado físico en partes sensibles del equipo y la estructura general. Aportando así en la redacción de más tareas en el concretas en el nuevo check list del mantenimiento predictivo.

Una vez revisada la orden de trabajo del mantenimiento preventivo anterior, realizamos una búsqueda en manuales y antecedentes como diarios de campo, se muestra en la figura 9, que puedan aportar nuevas tareas que ayuden a que el mantenimiento sea eficiente.

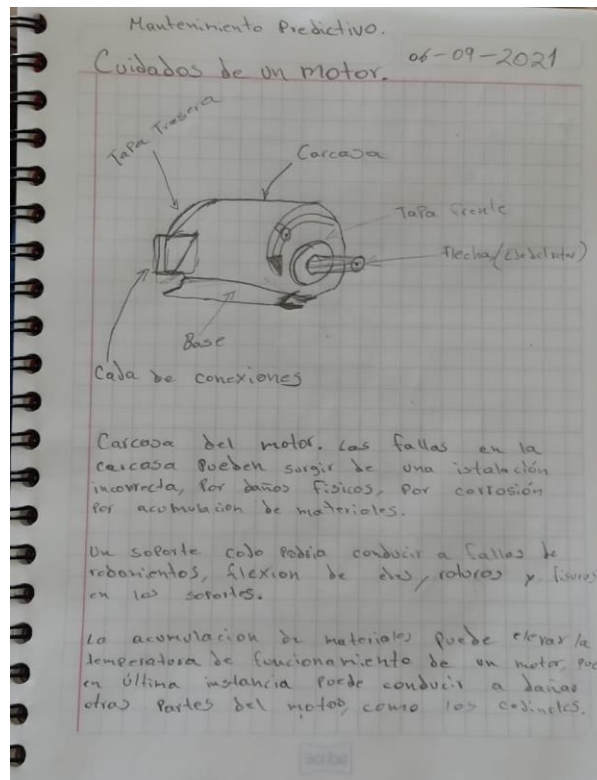


Figura 9: Diario de campo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Se redactan las tareas que se puedan obtener a partir de estos documentos y continuamos por revisar las técnicas y herramientas, la Figura 10, muestras las herramientas que se deben emplear para poder cumplir con las tareas puestas

en el mantenimiento predictivo, debemos incluir la cámara termográfica en el análisis de termografía, el analizador de vibraciones en el análisis de vibraciones, el multímetro en el análisis de parámetros eléctricos como voltaje, amperaje y resistencia.



Figura 10: Herramientas utilizadas en los mantenimientos predictivos.
Fuente: FLEX N GATE

5.1.3 CREACIÓN DEL CHECK LIST ÚNICO E HISTÓRICO PARA LOS MANTENIMIENTOS PREDICTIVOS EN LOS EQUIPOS

Lo siguiente es crear un check list único e histórico que describa las tareas a realizar en los mantenimientos predictivos las tareas deben ser claras y específicas, en este se incluirán las fotos de placa del equipo y fotos de placa del motor, así como las fotos del equipo en general.

La creación del check list es a través del programa Excel para poder almacenar históricamente la información y mostrar gráficos de los datos registrados a través de los mantenimientos predictivos, asimismo se integrará un apartado para cada categoría de análisis.

En la primera parte del check list se crea un encabezado, figura 11, que muestra los datos importantes para identificar el equipo.



TECNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO A

Equipo No.:	_____	Departamento:	_____
No. Serie:	_____	Edificio:	_____
Tipo Mantto.:	_____	Ubicación:	_____
Asignado a:	_____	Fecha Inicio:	_____
Asignado por:	_____	Fecha Terminó:	_____

Técnica de MANTENIMIENTO PREDICTIVO		
FOTO de equipo	Marca:	
	Serie:	
	Modelo:	
	Capacidad:	
	Fecha de fabricación:	
	Especificaciones:	
		foto de placa

Figura 11: Encabezado de check list

Fuente: FLEX N GATE

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

En esta parte se puede observar el número de equipo y el número de serie para identificar de inmediato el equipo, se menciona el tipo de mantenimiento que se realiza, se asigna el técnico a realizar el mantenimiento y el supervisor a revisar el mismo, se designa el departamento o área que le corresponde realizar el mantenimiento, se identifica el edificio o nave en este caso donde se ubica el equipo, en este también se identifican las fecha de inicio del mantenimiento y las fecha de término del mantenimiento para llevar un control, en este mismo apartado se debe poner una foto del equipo como otra manera más rápida de Identificarse, se incluyen los datos de placa del equipo para tener más especificación de la información que podría servir a la hora de realizar el mantenimiento.

Después del encabezado del check list se crea la parte donde se designan las tareas a realizar en el mantenimiento, la figura 12, muestra las instrucciones que se deben seguir en la realización de la orden de trabajo de mantenimiento.

TECNICA DE ANALISIS PARAMETROS ELECTRICOS AMPERAJES Y VOLTAJES						
DESCRIPCION	MES	06/08/2021	06/09/2022			OBSERVACIONES
	TIEMPO/MIN	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	
Desbalanceo de la tensión. *El voltaje esta desbalanceado.*	10.00					
Hay calentamiento en las conexiones. *Revisar algún falso contacto*	10.00					
Alertas de seguridad. *Verificar que las torretas y alarmas audibles funcionen.*	5.00					
Cableado. *Revisar que todo el cableado se encuentre en buen estado.*	10.00					
Sensores. *Revisar sensores de movimiento*						
Aumento de carga del motor consumo excesivo.	15.00					

Figura 12: Check list, técnica de análisis de parámetros electricos

Fuente: FLEX N GATE

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Como se puede ver en este apartado se delimitan las tareas que conllevan análisis en parámetros eléctricos, en la parte de la descripción se describen las tareas específicas a realizar, se estima un tiempo promedio en minutos de lo que se podrían tardar en realizar dicha tarea, se debe rellenar con un aceptable o no aceptable después de realizar la tarea y confirmar el estado actual del equipo, todo se debe realizar de acorde a la fecha designada del mantenimiento y por último se deben poner las observaciones encontradas durante alguna anomalía del equipo.

Seguido tenemos el apartado con análisis en resistencia de motores, Figura 13, se muestra un apartado para análisis de resistencia en motores, el llenado será similar al anterior.

29	ANÁLISIS DE RESISTENCIA EN MOTORES						
30		MES	6-NOV 21	04 DIC 21	0	0	
31	DESCRIPCION	TIEMPO/MIN.	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	aceptable/ no aceptable	OBSERVACIONES
32	Humedad. *Verificar si hay goteo, atmosfera humedad, brisas externas* En motores y tablero electrico	10.00					
33	Contaminación de motor y devanado. *Verificar si hay polvo y particulas metalicas u otra sustancia en	10.00					
34	Fricción constante. *Verificar si no hay fricción entre rotor y estator*	20.00					
35	Temperatura alta. *Revisar parámetros, checar que tenga suficiente ventilacion.* Revisar ventilador y tapa	20.00					

Figura 13: Análisis de resistencia en motores

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

De igual manera en la figura 14, tenemos la técnica de análisis de vibraciones mecánicas, esta se integra al mantenimiento debido a que permite identificar rodamientos dañados, holguras mecánicas que permite verificar la estabilidad hidráulica.

37	TECNICA DE ANALISIS DE VIBRACIONES MECANICAS.					
38		MES	6-NOV 21	04 DIC 21	0	0
39	DESCRIPCION	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	OBSERVACIONES
40	Pernos de seguridad. *Verificar que los pernos de seguridad de la catarina se encuentren bien fijados.* Revisar fusible mecanico.	15.00				
41	Holgura mecánica. * Desgaste excesivo en elementos rodantes.* Revisar rodajas.	20.00				
42	Rodamientos dañados. *Revisar ruido o vibración en rodamientos (traslado).*	20.00				
43	Elementos móviles. Revisar que no tenga ruidos raros la catarina motriz e inducida, cadena, chumaceras.	20.00				
44	Scrap. Verificar que no haya scrap atorado entre los canchales, y/o rieles.	10.00				
	Acoplamientos.	20.00				

Figura 14: Técnica de análisis de vibraciones mecánicas.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Una técnica demasiado útil que se emplea es la técnica de análisis de lubricación, se presenta en la figura 15, su principal función de esta es verificar los niveles de lubricación además de asegurar que se lubriquen las partes sometidas a fricción.

53	TECNICA DE ANALISIS DE LUBRICACION					
54						
55		MES	6-NOV 21	04 DIC 21	0	0
56	DESCRIPCION	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	OBSERVACIONES
57	Lubricar las partes sometidas a fricción(Engrane dentado de Transmision, guías de cadena, Rodamientos) , si es necesario. *Lubricar según el elemento de las cartas de lubricacion.*	10.00				
58	Disipar el calor generado por fricción. *Lo elementos lubricados se deben de encontrar con una ventilación moderada atmosferica.*	10.00				
59	Niveles de Lubricación. *La transmisión de traslado debe de tener una adecuada cantidad de lubricante.*Revisar Nivel de aceite en reductor.	10.00				
60	335.00					

Figura 15: Técnica de análisis de lubricación.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Al final de la aplicación de las técnicas se presenta la sumatoria de tiempo promedio que se pudiese tardar en la realización de todas las tareas del mantenimiento predictivo, esto sirve para tener más controlados los tiempos de actividad de los técnicos. Asimismo, se añade un pequeño apartado con el responsable de ejecutar y un responsable de revisar el mantenimiento, como se muestra en la Figura 16.

61	REALIZO nombre					
62	REVISO nombre					

Figura 16: Apartado de responsable del mantenimiento en el equipo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

La siguiente parte en el check list es crear la parte del llenado de los valores tomados en la medición de cada tecnica, la figura 17, muestra el el check list donde se deben tomar voltajes en las tres lineas de un motor,el amperaje igualmente en las tres lineas su resistencia en Ohms, su analisis de vibraciones y su toma de temperatura con la termografia.

TRANSPORTADOR DE CHATARRA.					
1. MOTORREDUCTOR 1 NORTE. 20 H.P 26 AMPS 460 VOLTIOS	6-NOV 21	04 DIC 21	0	0	0
1.1 VOLTAJE :Volts L1-L2					
1.2 VOLTAJE :Volts L2-L3					
1.3 VOLTAJE: Volts L3-L1					
1.4 CORRIENTE:Amps. L1					
1.5 CORRIENTE: Amps. L2					
1.6 CORRIENTE: Amps. L3					
1.7 OHMS L1 -L2.					
1.8 OHMS L2 -L3.					
1.9 OHMS L3-L1.					
1.10 Análisis de vibración en balero frontal (mm/s).					
1.11 Análisis de vibración en balero trasero (mm/s).					
1.12 Temperatura frontal (°C).					
2.13 Temperatura trasero (°C).					



Figura 17: Toma de datos en un mantenimiento predictivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Una vez que se ingresen los datos en el check list, serán registrados en automático en las gráficas en Excel, la figura 18, muestra la gráfica de voltaje de un motor. Es importante verificar que no exista una diferencia de potencia en un circuito eléctrico.

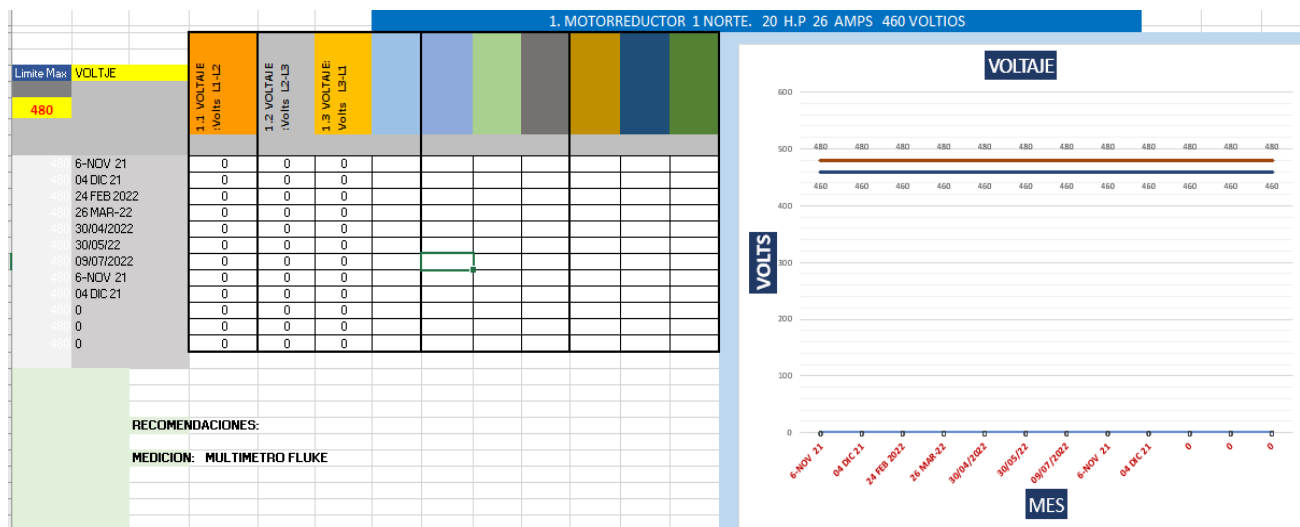


Figura 18: Registro histórico de datos de voltaje en un mantenimiento predictivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Al igual que la gráfica de voltaje se crea la gráfica de registro de amperaje donde los datos capturados en el check list serán registrados automáticamente permitiendo al supervisor poder analizar cualquier anomalía de manera más rápida y precisa, además de poder ver el comportamiento de estos datos gráficamente. Es importante ingresar correctamente los valores de corriente de entrada, puesto que estos datos serán de ayuda para localizar o prevenir un problema de arranque ya sea en el motor o en el circuito de arranque. La figura 19, muestra el registro gráfico de amperaje.

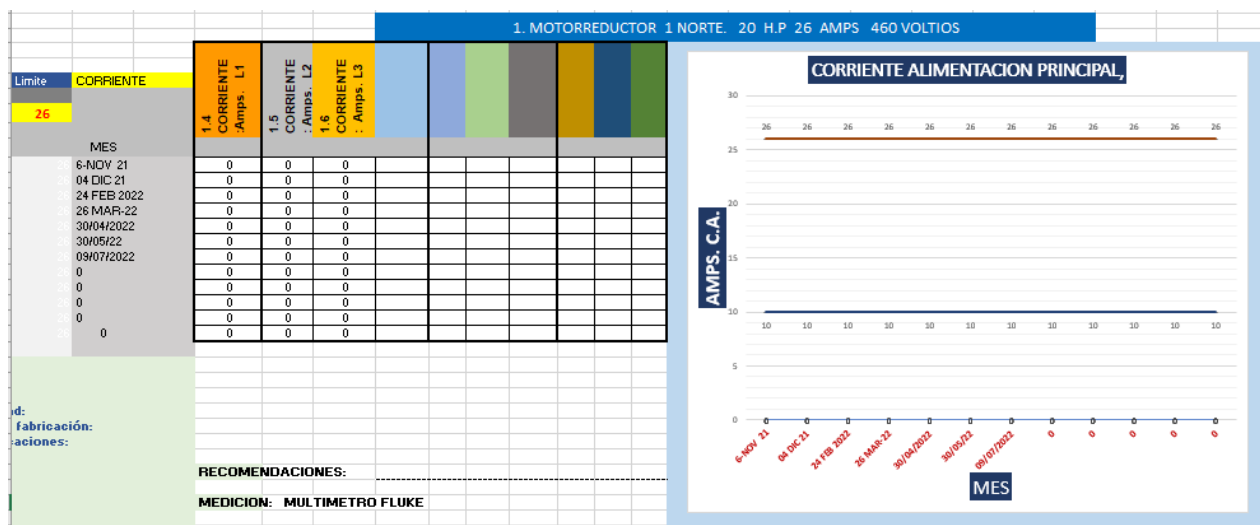


Figura 19: Registro histórico de datos de amperaje en un mantenimiento predictivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Se crea la grafica para el registro de toma de resistencia esta es de igual importancia que el resto de graficos pues con esta se determina sin hay un corto, conecciones flojas oconductores rotos. La figura 20, muestran las graficas de resistencia.

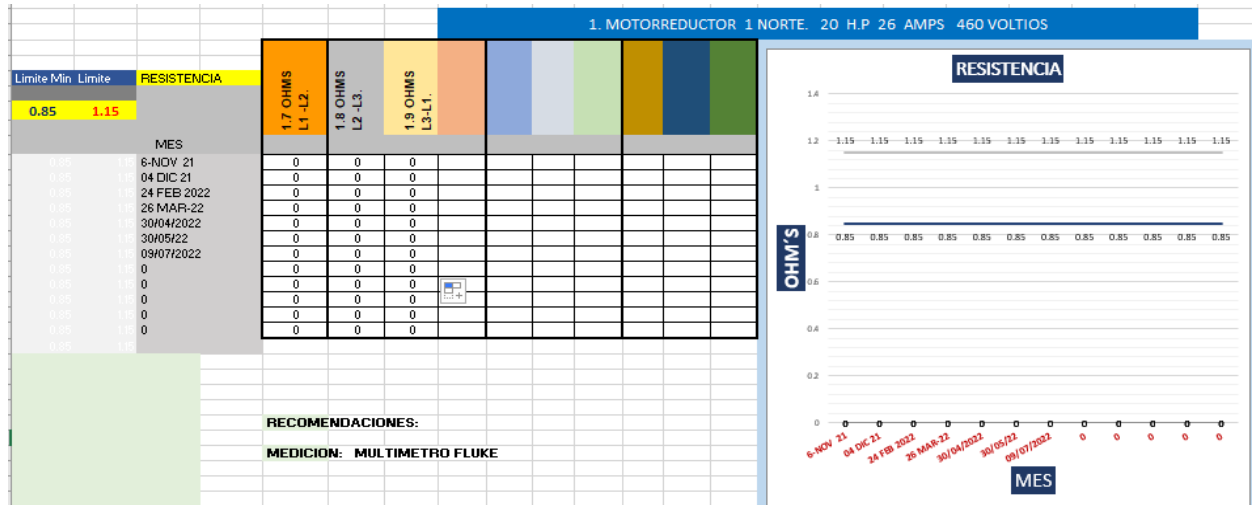


Figura 20: Registro histórico de datos de Resistencia en un mantenimiento predictivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

La creación de la gráfica de análisis de vibraciones es debido a la gran importancia que se da para detectar fallos en rodamientos, engranes, Lubricación, desbalanceo, desalineación. La grafica 21, muestra la gráfica creada para la vibración.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Una vez creadas las gráficas para cada apartado de las técnicas utilizadas se ingresa un espacio de observaciones en el check list donde se podrán describir más detalladamente los problemas encontrados durante el mantenimiento predictivo del equipo. adicional se añade una lista de herramientas como muestra la figura 23, estas son necesarias para poder realizar las tareas del mantenimiento predictivo que indica el check list, esto con la finalidad de que los técnicos que realizan el mantenimiento prevengan todas las herramientas antes de dirigirse a realizar dicho mantenimiento en el equipo.

OBSERVACIONES:	

No	HERRAMIENTA
	Descripción
1	MULTIMETRO DIGITAL MCA. FLUKE
2	DESARMADOR PLANO 3/8
3	PINZAS DE ELECTRICISTA.
4	LLAVE TIPO PALETA
5	CAMARA TERMOGRAFICA FLUKE TI 32
6	VIBRATION METER 805 FC
7	EQUIPO DE SEGURIDAD
8	LLAVES MIXTAS HASTA 1 PULG
9	DESENGRASANTE Y TPAPOS
10	

Figura 23: Registro histórico de datos de temperatura en un mantenimiento predictivo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

5.1.4 CAPACITACIÓN A PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Una vez que se tiene el check list terminado se inicia la capacitación del mantenimiento predictivo y al mismo tiempo comenzar una capacitación de las habilidades faltantes en los técnicos como en este caso es la termografía ya que la mayoría de los técnicos no cuenta con esta habilidad de análisis.

Lo primero es organizar los cursos de capacitación para comenzar a programar a los técnicos de mantenimiento para las capacitaciones en termografía y en el llenado correcto del check list para el mantenimiento predictivo. La figura 24, muestra la lista del personal de mantenimiento en esta se comienzan a programar las fechas de capacitación para todo el personal.

Nº	NOMBRE	Capacitacion basica de camara termografica	Mantenimien tos Predictivos	Redes Ethernet	Camaras de vision Cognex	PLC Rockwell RS Logix 500
1	Rafael					
2	Martin					
3	Saul					
4	Gustavo		25/11/2021			
5	Jose Moises	01/12/2021	08/03/2022			
6	Rafael	23/02/2022	10/01/2022			
7	Heriberto	16/12/2021	15/12/2021			
8	Ramon Eduardo	31/03/2022	31/03/2022	06/09/2021		
9	Jose Manuel	22/09/2021	22/09/2021			
10	Hugo					
11	Jose Pedro					
12	Jose Dolores					
13	Luis Alberto					
14	Moises					
15	Miguel Angel	02/12/2021	02/12/2021	05/09/2021		

Figura 24. Lista de personal de mantenimiento

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Una vez que se tienen asignadas las fechas de capacitación se ingresan al plan de capacitación de mantenimiento para comenzar a programar los horarios, los instructores y el lugar de la capacitación. La figura 25, muestra la programación de cursos en el plan de capacitación de mantenimiento.

PLAN DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO DE MANTENIMIENTO FLEX N GATE 2021												
San Jose Iturbide												
Objetivo: 25 horas de capacitacion tecnica por colaborador.												
											Externo	
											Interno	

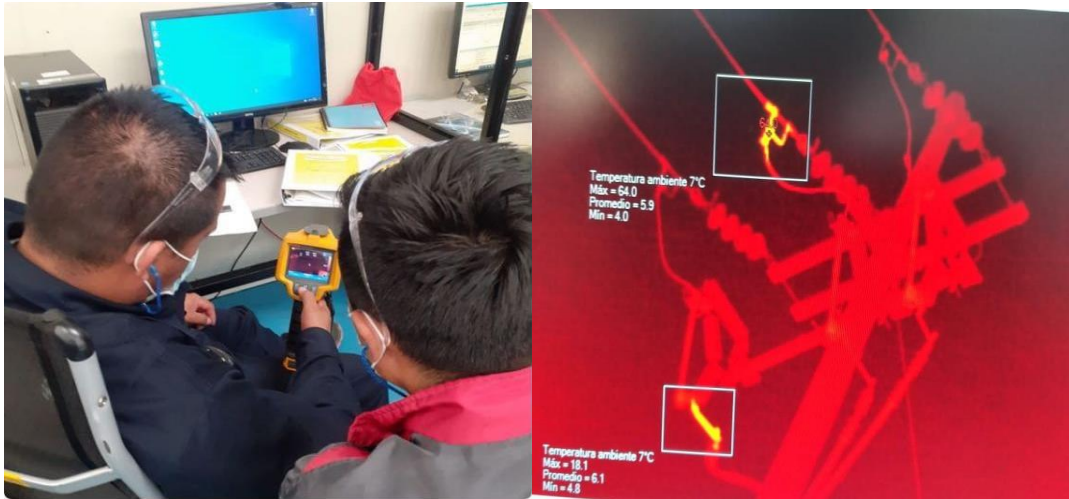


Figura 27: Capacitación en termografía a técnicos de mantenimiento Servicios

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.



Figura 28. Capacitación en mantenimiento predictivo a técnicos de mantenimiento Cromo.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Durante las capacitaciones se les explica a los técnicos tanto teoría como practica de la termografía para dar más importancia al uso de estas técnicas, además se les explica el uso correcto de las herramientas y equipos para las toma de datos en los mantenimientos predictivos con esto se busca disminuir el margen de error por parte de la toma de datos ya que en ocasiones el no saber

utilizar estos equipos provoca mala medición de los parámetros y para que sean de utilidad se debe tomar los datos con la mayor precisión posible.

5.1.5 PRUEBAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y LLENADO DE CHECK LIST EN EQUIPOS

Una vez que se ha capacitado una parte del personal en termografía y en el llenado del check list para los mantenimientos predictivos se comienza a realizar las primeras pruebas físicas en los equipos con la presencia de los técnicos y los supervisores para revisar ajustes necesarios o revisar las tareas descritas sean del todo eficientes al momento de realizar los mantenimientos. La figura 29, muestra la capacitación del mantenimiento predictivo con el llenado correcto en el check list.



Figura 29. Capacitación mantenimiento predictivo y llenado del primer check list.
Fuente: FLEX N GATE

Durante las primeras pruebas de mantenimiento predictivo se revisa el llenado del check list (véase en anexo 2) para verificar y corregir o actualizar algún dato no especificado en el formato con los comentarios de los técnicos que participaron en las pruebas y los supervisores se realizan pequeños ajustes para adaptar las tareas lo más eficiente posible.

Después de realizar los ajustes se vuelve a implementar una prueba más en un equipo crítico ya con el formato actualizado y se replica para todos los equipos como check list general para todos los mantenimientos predictivos de cada área,

tomando como base el check list adaptado lo mejor posible a los equipos (Véase en anexo 3).

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.2.1 MEDICIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREDICTIVOS

A lo largo de 9 meses ya se ha logrado crear al menos el 80% de los check lis de los equipos críticos en cada una de las áreas de mantenimiento. La figura 30 muestra el porcentaje de avance en la creación de los check lis en equipos críticos de cada área.

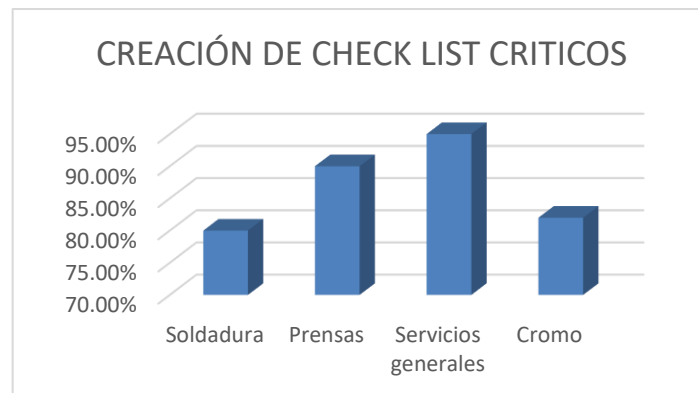


Figura 30. creación de check list en equipos críticos.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Con el porcentaje actual de la creación de los check list ya se puede notar el avance en cuanto a la administración del mantenimiento predictivo, se comienzan a visualizar ahorros de tiempo de actividad en los técnicos y detección de fallas en los equipos.

Para la ejecución de los mantenimientos predictivos se requirió un total de horas capacitadas para el personal de mantenimiento para aumentar sus habilidades técnicas y con ello el cumplimiento al programa de capacitación requerido en el tema de termografía y predictivos. Figura 31, muestra las horas por curso acumuladas durante el año 2021.

Cursos impartidos en 2021	Total de Horas por curso
TPM FASE 1	120
ISO 14001	18
Manejo seguro de plataforma articulada	32
TPM fases 1 y 2	350
Maximo	15
Rectifier training seminar dynapower	104
Capacitación RWN TOYOTA	36
Metalurgia	24
Soldadura Spot	32
Curso de trabajos en alturas	51
Curso carro remolcador	9
Manejo seguro de toger	10
Curso de calderas	95
Curso de Sistema Loto	36
Curso de grúas munk	63
Montaje, Armado y ajuste de transmision de corona asi como ajuste de guias y paralelismo de prensa Verson	240
Maximo (cierre de ordenes)	52.5
Cognex In sight spreadsheets standard	360
Redes ETHERNET	75
Camara termografica y predictivos	404.5
Camaras de vision Cognex	17

Figura 31. Lista de horas acumuladas por curso.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

La capacitación durante cada año va en aumento debido al plan de capacitación que se tienen en el área de mantenimiento, este fue enlazado con la implementación del mantenimiento predictivo, debido al apoyo que se necesitó por parte de todos los integrantes de mantenimiento para poder organizar al personal y capacitarlo con las habilidades para la implementación del mantenimiento predictivo. La figura 32, muestra las horas de capacitación acumuladas durante cada año en el área de mantenimiento.

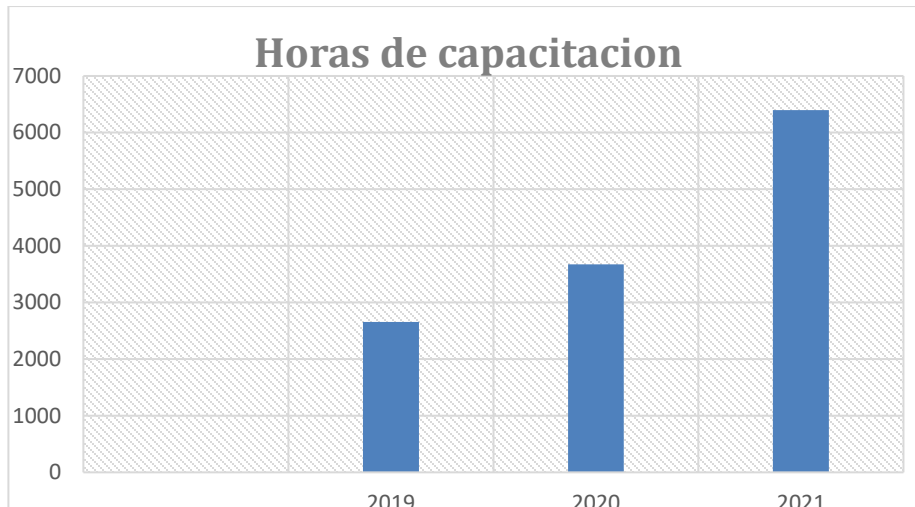


Figura 32. Horas de capacitación por año en el área de mantenimiento.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

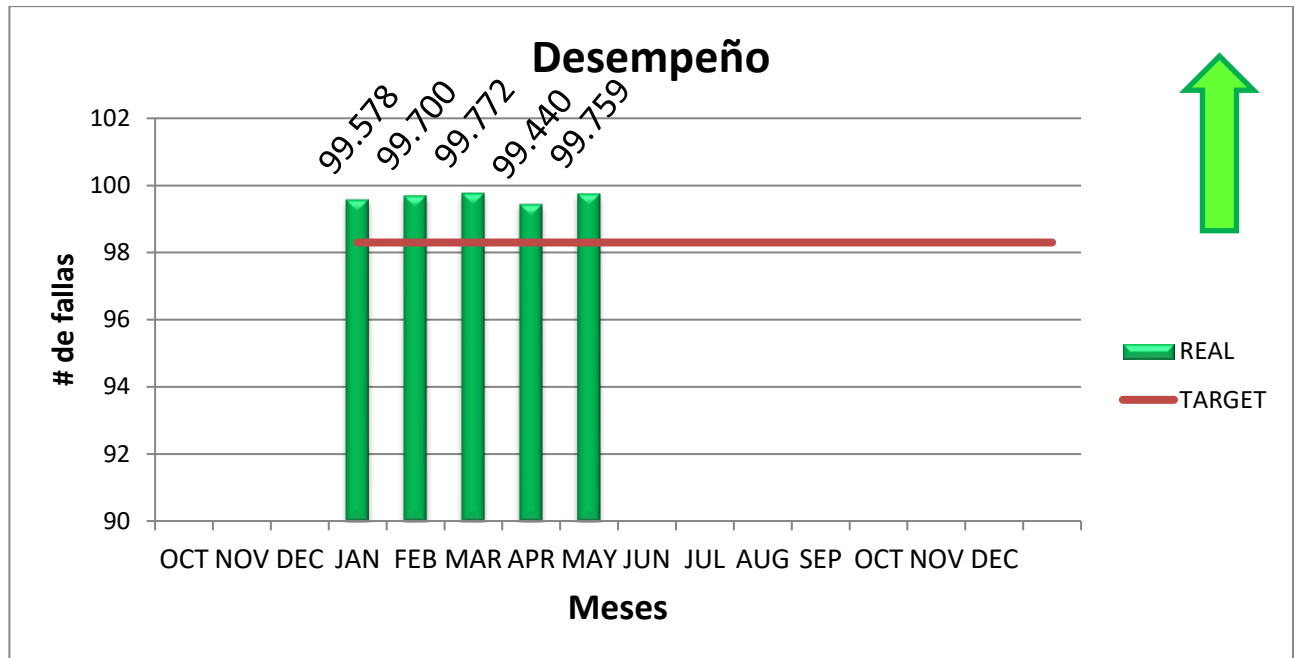
La grafica muestra las horas de capacitación acumuladas por año en el área de mantenimiento, durante el año 2021 se refleja un aumento considerable de horas debido a que se implementaron más cursos entre ellos capacitaciones en Termografía y Mantenimiento predictivos.

5.2.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO EN LAS ÁREAS DE MANTENIMIENTO

Después de un tiempo de haber iniciado con la implementación en los mantenimientos predictivos se realiza una inspección para revisar el comportamiento de los check list en los mantenimientos, tomando en cuenta un mantenimiento predictivo continuo por 9 meses seguidos se obtiene el siguiente comportamiento en el check list de un equipo (Véase en anexo 4). En la revisión de este se perciben detalles, como orden en la capturar de los datos donde las anomalías son visuales a simple vista y se pueden servir para predecir el comportamiento futuro en el equipo anticipando las fallas antes de que ocurran.

Para evaluar la eficiencia de estos mantenimientos se miden el número de quejas durante cada mes, buscando siempre mantener un objetivo medible. La figura

33, muestra el desempeño de mantenimiento en los equipos durante el periodo de enero – mayo 2022.



OCT	NOV	DEC		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL
			REAL	99.578	99.700	99.772	99.440	99.759		
			TARGET	98	98.3	98.3	98.3	98.3	98.3	98.3
			BIC							

Figura 33. Desempeño general en el área de mantenimiento enero- mayo 2022.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Esta medición del objetivo buscado es dividida por cada área y se tiene el porcentaje de cada área durante cada mes, buscando mantener un desempeño general por parte del área de mantenimiento. La figura 34 muestra el desempeño por área de mantenimiento en el periodo enero – mayo 2022.

MANTENIBILIDAD KBM 2022 OBJETIVO 98.3						
#	ÁREA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	PRENSAS	98.91%	99.30%	99.34%	99.44%	99.45%
2	SOLDADURA	99.51%	99.48%	99.51%	99.58%	99.48%
3	CROMO I (Cromo)	99.91%	99.90%	99.89%	99.99%	100.00%
4	PULIDO I (Cromo)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

5	CROMO II (Cromo)	99.00%	99.70%	99.80%	99.24%	99.80%
6	PULIDO II (Cromo)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
7	ENSAMBLE	99.96%	99.92%	99.92%	99.84%	99.91%
8	SERVICIOS Generales	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
9	E-COAT (Cromo)	99.00%	99.65%	99.54%	99.60%	99.29%
10	TOP COAT (Cromo)	99.49%	99.05%	99.72%	96.71%	99.66%
TOTAL		99.58%	99.70%	99.772%	99.440%	99.759%

Figura 34. Desempeño por área en mantenimiento durante enero – mayo 2022.

Fuente: FLEX N GATE.

Elaborado por: Mantenimiento FLEX N GATE.

Mientras que el desempeño se mantiene por encima del objetivo también indica que se mantiene la disponibilidad y confiabilidad en la maquinaria, solo en el área de Top coat perteneciente a cromo se registró porcentaje por debajo del objetivo, en general el desempeño que se está teniendo es favorable e incluso pronostica mejoramiento.

6. CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

6.1 DISCUSIÓN

En los resultados del proyecto se pudo apreciar que la capacitación y la inclusión de nuevas herramientas son factores que contribuyen a mejorar los sistemas de mantenimiento como es el check list con sus tareas designadas de manera específica, pues las instrucciones pobres en detalle producen errores y actividades de mantenimiento incorrectas, se coincide con la Investigaciones de Teba (2020), tener instrucciones poco claras aumenta el riesgo de un mal mantenimiento.

La investigación apoya la inclusión un sistema termográfico y el registro histórico de este para captar los fallos en los sistemas eléctricos en los equipos, esto también coincide en con Loya Ñato, D. (2020), En la aplicación de la termografía para prevenir un tipo de fallo funcional o evitar que se presente o aumente su magnitud al analizar algún aumento de temperatura.

Algo que coincide directamente con la hipótesis planteada en esta investigación es la investigación de Ballesteros Robles, F. (2011). En su trabajo basado en la estrategia predictiva en el mantenimiento industrial, coincide con los resultados demostrados en su investigación menciona el mantenimiento preventivo a intervalos fijos realiza más intervenciones de las realmente necesarias, por lo cual pierde rentabilidad frente al mantenimiento basado en la condición o mantenimiento predictivo que promueve la reducción de intervenciones.

6.2 CONCLUSIONES

Una vez desarrollada la investigación, se identifican demasiados equipos críticos en la empresa que pueden ocasionar tanto paro de líneas en más de alguna o incluso paro directamente al cliente en caso de falla y entre estos equipos existen algunos que tienen mayor prioridad debido a no tener remplazo de inmediato, al identificar esto a través de la encuesta realizada a los supervisores de mantenimiento, se considera la aplicación inmediata del mantenimiento

predictivo en estos equipos ya que la falla de alguno puede ocasionar un problema significativo en la empresa.

Durante la implementación se percibe el apoyo en la capacitación al personal de mantenimiento ya que aporta demasiado valor a la realización correcta de los mantenimientos, se identifica el aumento de conocimiento y habilidades en los técnicos, esto también refleja más cuidado en el uso y conservación de las herramientas de trabajo. Esto deja a la capacitación como pieza importante en la implementación del proyecto.

La realización de una prueba antes de la implementación es una medida de seguridad para verificar que sea correcto el funcionamiento y descartar errores en las tareas especificadas del mantenimiento, pues durante las pruebas se comprobó que las tareas no descritas de manera clara confunden a los técnicos al momento de realizarlas físicamente, por lo que se observó importante la comunicación en las capacitaciones y en las pruebas para resolver dudas en la realización de las tareas descritas en el check list.

El corregir los check lits después de las pruebas deja como resultado una rutina de mantenimiento específica donde se minimizan las acciones a realizar dejando las más necesarias y facilita a los supervisores el analizar los errores encontrados durante el reporte de la orden de mantenimiento realizada por los técnicos.

Una vez que se analiza la información sobre los mantenimientos predictivos con el check list como muestra el anexo 4, y los mantenimientos preventivos realizados con una orden de trabajo como en la figura 8, se puede apreciar mejoras en el desempeño como muestra la figura 33, con la implementación del mantenimiento predictivo en comparación con un mantenimiento preventivo como se muestra en la figura 1, la diferencia del desempeño se refleja mínima a favor de los mantenimientos predictivos, solo se debe tomar en cuenta que este desempeño es solo con la implementación en los equipos más críticos de la planta, lo que deja a considerar cuanto aumentara el desempeño con la implementación en todos los equipos de toda la planta. La medición de aumento

de desempeño en mantenimiento conlleva aumento de confiabilidad y disponibilidad en los equipos.

6.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la evaluación los equipos para realizar un orden de prioridad en cuanto a la maquinaria de cada área y en base a esta continuar con la aplicación de los mantenimientos predictivos al resto de equipos una vez que se termina la aplicación de los críticos, a un ritmo que la empresa considere.

Se recomienda que una vez terminados al 100% los check list en los equipos críticos seleccionados se de inicio a una investigación para elegir un área donde se consideren el resto de los equipos en la planta dando prioridad a las áreas que más requieran de un mantenimiento predictivo, evaluando las áreas de acorde a prioridad en la planta.

Se recomienda que incluyan en su matriz de habilidades los cursos de entrenamiento para continuar capacitando al personal de mantenimiento en técnicas que aporten beneficios en cuanto a las habilidades necesaria para el crecimiento y disciplina en el personal, así como también se recomienda se realicen encuestas al personal para identificar la falta de conocimiento en el uso de alguna otra herramienta como la cámara termográfica.

Se recomienda seguir trabajando en la investigación de nuevas pruebas donde se integren análisis más eficientes si es que se tiene la posibilidad de invertir en más herramientas de análisis para los equipos.

Se recomienda también seguir trabajando en la modificación o ajustes del check list para encontrar alguna forma de detección automática en base a los datos que se ban registrando de los mantenimientos, pues aún se puede mejorar o incluir nuevas formas de visualizar los datos.

Se recomienda evaluar las gráficas de los mantenimientos mensualmente para evaluar el comportamiento de los datos y encontrar algún patrón de predicción, y de esta manera crear un mantenimiento preventivo antes de que presente una falla y se tenga un paro no planeado en cualquiera de los equipos.

7. REFERENCIA

Teba, C. (2020, 15 mayo). 6 errores a Evitar en tu Programa de Mantenimiento Predictivo. -. Recuperado 28 de junio de 2022, de <https://www.dexma.com/es/blog-es/errores-programa-mantenimiento-predictivo/>

Mancuzo, G. (2022, 3 agosto). Evolución del Mantenimiento: Historia y Actualidad. Blog - ComparaSoftware. Recuperado 11 de agosto de 2022, de <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>

Gonzáles, I. (2020, 24 octubre). El mantenimiento y su evolución. Predictiva21. Recuperado 28 de junio de 2022, de <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/>

Santos, J. F. (2017, 15 marzo). HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO Gestión del mantenimiento. Jesús Figarola Santos - Academia.edu. Recuperado 28 de junio de 2022, de <https://www.academia.edu/31886653/HISTORIA>

Ballesteros Robles, F. (2011). La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial. PREDITEC, 4.

BUREAU VERITAS, C. (2017, 17 julio). El origen y la actualidad del mantenimiento predictivo a nivel mundial | Lubricación Management. management.com. Recuperado 11 de junio de 2022, de <https://lubrication-management.com/2017/07/17/el-origen-y-la-actualidad-del-mantenimiento-predictivo-a-nivel-mundial/>

Hernández, Y. (2022, 1 enero). Guanajuato: líder en el sector automotriz. Somos Industria. Recuperado 15 de abril de 2022, de <https://www.somosindustria.com/articulo/guanajuato-lider-en-el-sector-automotriz/>

C. (2017, 17 julio). El origen y la actualidad del mantenimiento predictivo a nivel mundial | Lubricación Management. management.com. Recuperado 28 de junio de 2022, de <https://lubrication-management.com/2017/07/17/el-origen-y-la-actualidad-del-mantenimiento-predictivo-a-nivel-mundial/>

Galán, J. (2019, diciembre). El Experimento Herschel [d49o1pkx9849]. IDOCPUB. Recuperado 23 de mayo de 2022, de <https://idoc.pub/documents/el-experimento-herschel-d49o1pkx9849>

¿Qué es mantenimiento predictivo? (2022, 27 mayo). <https://www.ibm.com/.https://www.ibm.com/mx-es/services/technology-support/multivendor-it/predictive-maintenance>

Muntatges, B. (2019, 21 enero). Mantenimiento predictivo en una instalación eléctrica. BURRIANA MUNTATGES. Recuperado 26 de junio de 2022, de <https://www.bmelectricos.es/blog/mantenimiento-predictivo-en-una-instalaci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica>

Criollo, M. G. P. (2021, 5 abril). ¿qué es una guía de observación y ejemplo? ALEPH. Recuperado 11 de julio de 2022, de <https://aleph.org.mx/que-es-una-guia-de-observacion-y-ejemplo>

Solís, L. D. M. (2020, 22 septiembre). El enfoque cuantitativo de investigación. Investigalia. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-cuantitativo-de-investigacion/>

Parra, A. (2021, 24 septiembre). Técnicas de investigación cuantitativa para recolectar datos. QuestionPro. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/tecnicas-de-investigacion-cuantitativa/>

S. (2021, 27 octubre). Alcance de la investigación ejemplo. Diario Nacional. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://diarionacional.mx/informacion/alcance-de-la-investigacion-ejemplo/>

C. (2020, 8 diciembre). ▷ Estudios descriptivos: definición y ejemplo. Estudiando. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://estudyando.com/estudios-descriptivos-definicion-y-ejemplo/>

Muguira, A. (2021, 9 agosto). ¿Qué es la investigación descriptiva? QuestionPro. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>

Loya Ñato, D. (2020). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL AREA DE ABASTECIMIENTO CORTE TERMICO DE LA EMPRESA SEDEMI. ECUADOR: QUITO

Ortega, C. (2021, 9 julio). Métodos de muestreo: Ejemplos y usos. QuestionPro. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-muestreo/>

T.A.S.A. (2018). Historia de la cámara termográfica | Academia Testo. Academia online. Recuperado 22 de junio de 2022, de <https://www.academiatesto.com.ar/cms/historia-de-la-camara-termografica>

Ortega, C. (2021, 22 diciembre). *Diario de campo: Qué es y cómo utilizarlo*. QuestionPro. Recuperado 11 de julio de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/diario-de-campo/>

Sanchez, D. (2021, 3 abril). *EL USO DE COMPRESORES EN LA INDUSTRIA |:* compresores: *Fabrica y venta de compresores: Electro Ase Compresores Ltda.* Recuperado 7 de julio de 2022, de <https://www.compresoreselectroase.com/el-uso-de-compresores-en-la-industria/>

Sánchez, D. (2018, 10 julio). *MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR |:* compresores: *Fabrica y venta de compresores: Electro Ase Compresores Ltda.* Recuperado 7 de julio de 2022, de <https://www.compresoreselectroase.com/mantenimiento-del-compresor/>

da Silva, K. (2019, 24 junio). *¿Cómo funcionan los rectificadores?* Techlandia. Recuperado 8 de julio de 2022, de https://techlandia.com/funcionan-rectificadores-como_10736/

C. (2021, 24 septiembre). *¿Qué es y cómo funciona un compresor de aire industrial?* Link Compresores. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.linkcompresores.com.co/que-es-y-como-funciona-un-compresor-de-aire-industrial/>

Products Finishing México. (2021, 1 junio). *La nueva familia de rectificadores Dynapower*. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.pf-mex.com/productos/la-nueva-familia-de-rectificadores-dynapower>

Dynapower. (2022, 15 junio). *Preventative Maintenance Plans*. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://dynapower.com/services/preventative-maintenance/>

solpress. (2021, 30 marzo). *¿Qué es una prensa hidráulica y cómo funciona?* | Solpress BCN. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://solpressbcn.com/que-es-una-prensa-hidraulica-como-funciona/>

8. ANEXOS

8.1 ANEXO 1

LISTA DE EQUIPOS CRÍTICOS POR ÁREA

Lista de Maquinaria Critica Mtto Prensas						
#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	PRENSA 15 DANLY 1000	FNG-PM-15	SI	NO	2 o más	1
2	PRENSA 18 DANLY 1000	FNG-PM-18	NO	NO	2 o más	1
3	PRENSA 21 HIDROFORMADO	FNG-PM-21	SI	NO	2 o más	1
4	PRENSA TRANSFER 31 DANLY 2000	FNG-PM-31	NO	SI	2 o más	1
5	PRENSA TRANSFER 32 DANLY 2000	FNG-PM-32	NO	SI	2 o más	1
6	PRENSA 41 SCHULER TRANS. 2750	FNG-PM-41	NO	SI	2 o más	1
7	ROLADORA	FNG-PM-1	SI	NO	2 o más	1
Lista de Maquinaria Critica Mtto Soldadura						
#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Importancia
1	CÉLULA TOYOTA # 2	FNGMWT-002	SI	SI	2 o más	1
2	CÉLULA TOYOTA # 3	FNGMWT-003	SI	SI	2 o más	1
3	CELDA MIG TOYOTA 989	FNGWMT-093	SI	NO	1	1
2	PEDESTAL DE SOLDADURA NISSAN H60A	FNGWMT-089	SI	SI	2 o más	1
3	CELDA DE SOLDADURA MIG NISSAN H60A	FNGWMT-091	SI	NO	1	1
4	PEDESTAL DE SOLDADURA 2 DE NISSAN P71 (2 PISTOLAS)	FNGWMT-096	SI	NO	0	1
3	BATTERY TRAY PEDESTAL DE CLINCHADO OP 10 "UNA ESTACION"	FNGWMT-104	SI	SI	2 o más	1
4	BATTERY TRAY PEDESTAL DE CLINCHADO OP 20 "CHAROLA"	FNGWMT-105	SI	SI	2 o más	1

5	BATTERY TRAY PEDESTAL DE CLINCHADO OP 30 "DOS ESTACIONES"	FNGWMT-106	SI	SI	2 o más	1
4	BATTERY TRAY PEDESTAL SPOT BATTERY STRAPS	FNGWMT-103	SI	SI	2 o más	1
5	BATTERY TRAY CELDA PRINCIPAL LADO A	FNGWMT-107	SI	SI	2 o más	1
6	BATTERY TRAY CELDA PRINCIPAL LADO B	FNGWMT-108	SI	SI	2 o más	1
5	BATTERY TRAY CELDA PROYECCIONES Y GMAW CHASSIS/ELECTRICAL	FNGWMT-110	SI	SI	2 o más	1
6	CELDA 1 PROYECCIONES (DE ALTA VELOCIDAD) CELDA 6 STEP ASSIST	FNGWMT-113	NO	SI	2 o más	1
7	CELDA 2 PROYECCIONES (DE ALTA VELOCIDAD) CELDA 7	FNGWMT-114	NO	SI	2 o más	1
6	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION A LADO DERECHO	FNGWMT-115	SI	SI	2 o más	1
7	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION A LADO IZQUIERDO	FNGWMT-116	SI	SI	2 o más	1
8	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION B LADO DERECHO	FNGWMT-117	SI	SI	2 o más	1
7	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION B LADO IZQUIERDO	FNGWMT-118	SI	SI	2 o más	1
8	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION C LADO DERECHO	FNGWMT-119	SI	SI	2 o más	1
9	ROCKER PANEL CELDA-ESTACION C LADO IZQUIERDO	FNGWMT-120	SI	SI	2 o más	1
8	CELDA DE SOLDADURA GMAW 12.5K TOW HITCHES ESTACIONES 110, 120, 130, 140, 150 A/B Y 160 A/B	FNGWMT-127	SI	SI	2 o más	1
9	CELDA DE SOLDADURA GMAW 12.5K TOW HITCHES ESCTION FINAL SALIDAS A/B	FNGWMT-128	SI	SI	2 o más	1
10	PEDESTAL DE SOLDADURA GMAW TOW HITCHES TUERCAS M14	FNGWMT-130	SI	SI	2 o más	1
9	CELDA DE SOLDADURA GMAW 5K TOW HITCHES	FNGWMT-131	SI	SI	2 o más	1
10	CHRYSLER DJ CELDA 1 DE SOLDADURA SPOT (BLANK)	FNGWMT-121	SI	SI	2 o más	1
11	CHRYSLER DJ CELDA 2 SOLDADURA SPOT Y PROYECCIONES (DASH PANEL)	FNGWMT-122	SI	SI	2 o más	1
10	CHRYSLER DJ CELDA 3 SOLDADURA SPOT Y PROYECCIONES (COWL SIDE)	FNGWMT-123	SI	SI	2 o más	1
11	CHRYSLER DJ CELDA 4 SPOT, CLINCHADO Y PROYECCIONES (PLENUM)	FNGWMT-124	SI	SI	2 o más	1

1 2	CHRYSLER DJ SOLDADURA MIG	FNGWMT-125	SI	SI	2 o más	1
1 1	CHRYSLER DJ PEDESTAL DE SOLDADURA PROYECCIONES (TUERCAS Y TORNILLOS)	FNGWMT-126	SI	SI	2 o más	1
1 2	CHRYSLER DJ PEDESTAL DE SOLDADURA 2 PROYECCIONES (PERNOS)	FNGWMT-12_	SI	SI	2 o más	1
1 3	CÉLULA SOLDADURA HEAVY DUTY	FNGMWT-026	NO	SI	2 o más	1
1 2	PEDESTAL VOLKSWAGEN OP 10 PROJECTION WELD	FNGMWT-139	SI	SI	2 o más	1
1 3	PEDESTAL VOLKSWAGEN OP 20 ASSEMBLY OIL PAN	FNGMWT-140	SI	SI	2 o más	1
1 4	PEDESTAL VOLKSWAGEN OP 30 LEAK TEST OIL PAN	FNGMWT-141	SI	SI	2 o más	1
1 3	MAQUINA DE SOLDADURA SPOT CELDA CX 727 FDXA2	FNGMWT-156	SI	NO	2 o más	1
1 4	CELDA CX 727 FDXP4	FNGMWT-161	SI	NO	2 o más	1
1 5	CELDA CX 727 FDXA5	FNGMWT-159	SI	NO	2 o más	1
1 4	BATTERY TRAY CELDA PRINCIPAL LADO A	FNGMWT-107	SI	NO	2 o más	1
1 5	BATTERY TRAY CELDA PRINCIPAL LADO B	FNGMWT-108	SI	NO	2 o más	1
1 6	CHRYSLER DJ CELDA 4 SPOT, CLINCHADO Y PROYECCIONES (PLENUM)	FNGMWT-124	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Ensamble

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Importancia
6	NISSAN H60	FNGEM-10	SI	NO	1	1
7	GM K2XX FRONTAL ESTACIONES 01 A LA 06	FNGEM-06	SI	NO	1	1
8	GM K2XX FRONTAL ESTACIONES 07 AL 11	FNGEM-07	SI	NO	1	1
9	GM K2XX TRASERA ESTACIONES 10 AL 80	FNGEM-08	SI	NO	1	1
1 0	GM K2XX TRASERA ESTACIONES 90 AL 140	FNGEM-09	SI	NO	1	1
1 1	GM T1XX FRONTAL MCE ESTACIONES 05 A LA 60	FNGEM-11	SI	NO	1	1
1 2	GM K2XX FRONTAL MCE ESTACIONES 70 AL 130	FNGEM-12	SI	NO	1	1

1 3	CHRYSLER DJ MCA FRONTAL ESTACIONES 110 A 160	FNGEM-17	SI	NO	1	1
1 4	CHRYSLER DJ MCA FRONTAL ESTACIONES 170 A 210	FNGEM-18	SI	NO	1	1
1 5	CHRYSLER DJ MCA TRASERA ESTACIONES 110 A 160	FNGEM-19	SI	NO	1	1
1 6	CHRYSLER DJ MCA TRASERA ESTACIONES 170 A 210	FNGEM-20	SI	NO	1	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Cromo I (Cromo)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	TRANSPORTADOR SECO NORTE	FNGCM-05	SI	NO	2 o más	1
2	TRANSPORTADOR SECO SUR	FNGCM-06	SI	NO	2 o más	1
3	GRUA VIAJERA #1	FNGCM-07	SI	NO	2 o más	1
4	GRUA VIAJERA #2	FNGCM-08	SI	NO	2 o más	1
5	GRUA VIAJERA #3	FNGCM-09	SI	NO	2 o más	1
6	GRUA VIAJERA #4	FNGCM-10	SI	NO	2 o más	1
7	GRUA VIAJERA #5	FNGCM-11	SI	NO	2 o más	1
8	GRUA VIAJERA #6	FNGCM-12	SI	NO	2 o más	1
9	GRUA VIAJERA #7	FNGCM-13	SI	NO	2 o más	1
10	GRUA VIAJERA #8	FNGCM-14	SI	NO	2 o más	1
11	GRUA VIAJERA #9	FNGCM-15	SI	NO	2 o más	1
12	TINA 7 LIMPIEZA ELECTROACIDO	FNGCM-22	SI	NO	2 o más	1
13	TINA 11 ELECTROLIMPIEZA	FNGCM-25	SI	NO	2 o más	1
14	TINA 13 BAÑO ACIDO (HCL)	FNGCM-27	SI	NO	2 o más	1
15	TINA 15 NICKEL STRIKE	FNGCM-29	SI	NO	2 o más	1
16	TINA 16 TRANSPORTADOR AGUA OR	FNGCM-30	SI	NO	2 o más	1
17	TINA 20 NIQUEL ALTO AZUFRE (TRI-NI)	FNGCM-34	SI	NO	2 o más	1
18	TINA 21 NIQUEL BRILLANTE	FNGCM-35	SI	NO	2 o más	1
19	TINA 22 DUR-NI NIQUEL CON PARTICULAS	FNGCM-36	SI	NO	2 o más	1
20	TINA 24 PRE-BAÑO DE CROMO	FNGCM-38	SI	NO	2 o más	1
21	TINA 25 CROMO	FNGCM-39	SI	NO	2 o más	1
22	COMPRESOR #1	FNGCM-44	SI	NO	2 o más	1

2 3	COMPRESOR #2	FNGCM-45	SI	NO	2 o más	1
2 4	CALDERA #1	FNGCM-51	SI	NO	2 o más	1
2 5	CALDERA #2	FNGCM-52	SI	NO	2 o más	1
2 6	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO #1	FNGCM-54	SI	NO	2 o más	1
2 7	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO #2	FNGCM-55	SI	NO	2 o más	1
2 8	TAB. DE CONTROL DE SIST. DE ENFRIAMIENTO	FNGCM-56	SI	NO	2 o más	1
2 9	TABLERO DE FUERZA DE MAKE-UP 1-8	FNGCM-76	SI	NO	2 o más	1
3 0	TABLERO DE CONTROL DE GRUAS 1-5	FNGCM-77	SI	NO	2 o más	1
3 1	TABLERO DE CONTROL DE GRUAS 6-9	FNGCM-78	SI	NO	2 o más	1
3 2	TABLERO DE CONTROL DE EXTRACCION	FNGCM-79	SI	NO	2 o más	1
3 3	TABLERO DE CONTROL 1 - 8 RECTIFICADORES	FNGCM-80	SI	NO	2 o más	1
3 4	RECTIFICADOR #1 (TANQUE #25)	FNGCM-81	SI	NO	2 o más	1
3 5	RECTIFICADOR #2 (TANQUE #3 y #4)	FNGCM-82	SI	NO	2 o más	1
3 6	RECTIFICADOR #3 (TANQUE #22)	FNGCM-83	SI	NO	2 o más	1
3 7	RECTIFICADOR #4 (AUXILIAR TANQUE #21)	FNGCM-84	SI	NO	2 o más	1
3 8	RECTIFICADOR #5 (MÁSTER TANQUE #21)	FNGCM-85	SI	NO	2 o más	1
3 9	RECTIFICADOR #6 (TANQUE #7)	FNGCM-86	SI	NO	2 o más	1
4 0	RECTIFICADOR #7 (TANQUE #20)	FNGCM-87	SI	NO	2 o más	1
4 1	RECTIFICADOR #8 (AUXILIAR TANQUE #19)	FNGCM-88	SI	NO	2 o más	1
4 2	RECTIFICADOR #9 (MÁSTER TANQUE #19)	FNGCM-89	SI	NO	2 o más	1
4 3	RECTIFICADOR #10 (TANQUE #10)	FNGCM-90	SI	NO	2 o más	1
4 4	RECTIFICADOR #11 (TANQUE #11)	FNGCM-91	SI	NO	2 o más	1
4 5	RECTIFICADOR #12 (MÁSTER TANQUE #18)	FNGCM-92	SI	NO	2 o más	1
4 6	RECTIFICADOR #13 (AUXILIAR TANQUE #18)	FNGCM-93	SI	NO	2 o más	1
4 7	RECTIFICADOR #14 (AUXILIAR TANQUE #17)	FNGCM-94	SI	NO	2 o más	1

48	RECTIFICADOR #15 (MÁSTER TANQUE #17)	FNGCM-95	SI	NO	2 o más	1
49	RECTIFICADOR #16 (TANQUE #15)	FNGCM-96	SI	NO	2 o más	1
50	HORNO DE BACK OUT	FNGCM-97	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Pulido I (Cromo II)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	TRANSPORTADOR DE CADENA AUTOPULIDO I	FNGPM-68	SI	NO	2 o más	1
2	TABLERO DE CONTROL DE AUTOPULIDO	FNGPM-70	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Cromo II (Cromo)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	TINA #0	FNGCM-01	SI	NO	2 o más	1
2	TINA #1	FNGCM-02	SI	NO	2 o más	1
3	TINA #3	FNGCM-04	SI	NO	2 o más	1
4	TINA #6	FNGCM-07	SI	NO	2 o más	1
5	TINA #10	FNGCM-11	SI	NO	2 o más	1
6	TINA #12	FNGCM-13	SI	NO	2 o más	1
7	TINA #13	FNGCM-14	SI	NO	2 o más	1
8	TINA #18	FNGCM-19	SI	NO	2 o más	1
9	TINA #19	FNGCM-20	SI	NO	2 o más	1
10	TINA #21 PRECROMO	FNGCM-22	SI	NO	2 o más	1
11	TINA #22 CROMO	FNGCM-23	SI	NO	1	1
12	Transportador Seco Norte 101	FNGCM-27	SI	NO	2 o más	1
13	Transportador Seco Sur 102	FNGCM-28	SI	NO	2 o más	1
14	Grúa Viajera # 1	FNGCM-29	SI	NO	2 o más	1
15	Grúa Viajera # 2	FNGCM-30	SI	NO	2 o más	1
16	Grúa Viajera # 3	FNGCM-31	SI	NO	2 o más	1

17	Grúa Viajera # 4	FNGCM-32	SI	NO	2 o más	1
18	Grúa Viajera # 5	FNGCM-33	SI	NO	2 o más	1
19	Grúa Viajera # 6	FNGCM-34	SI	NO	2 o más	1
20	Grúa Viajera # 7	FNGCM-35	SI	NO	2 o más	1
21	Compresor Robushi # 1	FNGCM-36	SI	SI	2 o más	1
22	Compresor Robushi # 2	FNGCM-37	SI	SI	2 o más	1
23	Rectificador #1	FNGCM-40	SI	NO	2 o más	1
24	Rectificador #2	FNGCM-41	SI	NO	2 o más	1
25	Rectificador #3	FNGCM-42	SI	NO	2 o más	1
26	Rectificador #4	FNGCM-43	SI	NO	2 o más	1
27	Rectificador #5	FNGCM-44	SI	NO	2 o más	1
28	Rectificador #6	FNGCM-45	SI	NO	2 o más	1
29	Rectificador #7	FNGCM-46	SI	NO	2 o más	1
30	Rectificador #8	FNGCM-47	SI	NO	2 o más	1
31	Rectificador #9	FNGCM-48	SI	NO	2 o más	1
32	Rectificador #10	FNGCM-49	SI	SI	2 o más	1
33	Rectificador #11	FNGCM-50	SI	NO	2 o más	1
34	Rectificador #12	FNGCM-51	SI	NO	2 o más	1
35	Elevador #1	FNGCM-54	SI	NO	2 o más	1
36	Elevador #2	FNGCM-55	SI	NO	2 o más	1
37	Torre de Enfriamiento	FNGCM-56	SI	NO	2 o más	1
38	Tablero de Cromo II	FNGCM-60	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Pulido II (Cromo)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
---	--------	-------	--------------------------------	--	--	------------

1	TRANSPORTADOR DE CADENA AUTOPULIDO II	FNGPM-53	SI	NO	2 o más	1
2	TABLERO DE CONTROL DE AUTOPULIDO	FNGPM-55	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Servicios Generales

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alterno para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
2	SUBESTACION ELECTRICA 1 PROLEC 2500KVA	FNG-SM-02	SI	NO	2 o más	1
3	SUBESTACION ELECTRICA 2 PROLEC 2500KVA	FNG-SM-03	SI	NO	2 o más	1
4	SUBESTACION ELECTRICA 3 PROLEC 2500KVA	FNG-SM-04	SI	NO	2 o más	1
5	SUBESTACION ELECTRICA 4 PROLEC 2500KVA	FNG-SM-05	SI	NO	2 o más	1
6	SUBESTACION ELECTRICA 5 2500 KVA	FNG-SM-06	SI	NO	2 o más	1
7	SUBESTACION ELECTRICA 6 3500KVA	FNG-SM-07	SI	NO	2 o más	1
8	SUBESTACION ELECTRICA 7 2500 KVA	FNG-SM-08	SI	NO	2 o más	1
9	SUBESTACION ELECTRICA 8 2500KVA	FNG-SM-09	SI	NO	2 o más	1
12	COMPRESOR No.2 300 HP SULLAIR LS 25	FNG-SM-12	SI	SI	2 o más	1
13	COMPRESOR No.3 300 HP SULLAIR LS 25	FNG-SM-13	SI	SI	2 o más	1
16	COMPRESOR No.6 150 HP INGERSOLL RAND	FNG-SM-16	SI	NO	2 o más	1
29	GRUA VIAJERA ESTE NAVE 2 # 32	FNG-SM-29	SI	NO	2 o más	1
30	GRUA VIAJERA OESTE NAVE 2 # 31	FNG-SM-30	SI	NO	2 o más	1
31	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "A" NAVE 1	FNG-SM-31	SI	NO	2 o más	1
32	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "B" NAVE I	FNG-SM-32	SI	NO	2 o más	1
33	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "C" NAVE 1	FNG-SM-33	SI	NO	2 o más	1
36	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "PRENSA 18" NAVE 1	FNG-SM-36	SI	NO	1	1
37	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "PRENSA 19" NAVE 1	FNG-SM-37	SI	NO	1	1
38	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "B" NAVE II	FNG-SM-38	SI	NO	2 o más	1
39	TRANSPORTADOR DE CHATARRA "C" NAVE II	FNG-SM-39	SI	NO	2 o más	1

46	TORRES DE ENFRIAMIENTO NAVE 1	FNG-SM-46	SI	NO	2 o más	1
47	TORRES DE ENFRIAMIENTO NAVE 2	FNG-SM-47	SI	NO	2 o más	1
96	LINEA DE GAS NATURAL	FNG-SM-96	SI	NO	0	1
140	SUBESTACION PRINCIPAL ABB 115 000 V	FNG-SM-145	SI	NO	2 o más	1
141	LINEA DE AGUA DOMESTICA	FNG-SM-146	SI	NO	2 o más	1
148	RSP Tanque gris compresores (PINTURA)	FNG-SM-154	SI	NO	2 o más	1
149	RSP TQ Azul Compresores	FNG-SM-155	SI	NO	2 o más	1
243	Transportador de chatarra nave 3	FNG-SM-249	SI	NO	2 o más	1
245	Torre enfriamiento Nave 3	FNG-SM-251	SI	NO	2 o más	1
246	SUBESTACION PRINCIPAL 115 kv	FNG-SM-252	SI	NO	2 o más	1
247	Subestación eléctrica 9 3500kva	FNG-SM-253	SI	NO	2 o más	1
248	Subestación eléctrica 10 3500kva	FNG-SM-254	SI	NO	2 o más	1
249	Subestación eléctrica 11 3500kva	FNG-SM-255	SI	NO	2 o más	1
256	Sistema de CO2	FNG-SM-262	SI	NO	2 o más	1
257	Sistema de Argón	FNG-SM-263	SI	NO	2 o más	1
259	Transportador de chatarra nave 3	FNG-SM-265	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Ecoat (Cromo)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alterno para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	ECONO HOIST	FNGPEC-01	SI	NO	2 o más	1
2	LIFT 1	FNGPEC-02	SI	NO	2 o más	1
3	LIFT 2	FNGPEC-03	SI	NO	2 o más	1
4	ESTACION DE CARGA Y DESCARGA	FNGPEC-04	SI	NO	2 o más	1
5	FLOOR CONVEYOR	FNGPEC-05	SI	NO	2 o más	1
6	TRANSP. DEL HORNO	FNGPEC-06	SI	NO	2 o más	1
7	HORNO DE CURADO	FNGPEC-07	SI	NO	2 o más	1
8	TINA 5 DE ACONDIC. POR INMERSION	FNGPEC-13	SI	NO	2 o más	1
9	TINA 6 DE FOSFATO POR INMERSION	FNGPEC-14	SI	NO	2 o más	1

10	TINA 9 DE SELLO POR INMERSION	FNGPEC-17	SI	NO	2 o más	1
11	TINA 12 DE ECOAT POR INMERSION	FNGPEC-20	SI	NO	2 o más	1
12	BOILER	FNGPEC-27	SI	NO	2 o más	1
13	TABLERO DE CONTROL DE PROCESO (P-2)	FNGPEC-30	SI	NO	2 o más	1
14	TABLERO DE CONTROL CARGA/DESC. (P-5)	FNGPEC-31	SI	NO	2 o más	1
15	TABLERO DE CONTROL GENERAL (P-4)	FNGPEC-32	SI	NO	2 o más	1

Lista de Maquinaria Critica Mtto Top Coat (Cromo)

#	Equipo	CLAVE	¿Para directamente al cliente?	¿Existe un equipo alternativo para esta línea?	¿En caso de paro de este equipo, cuantas líneas pararía?	Criticidad
1	PANEL DE CONTROL	FNGPTC-01	SI	NO	2 o más	1
2	HORNO DE SECADO (DRYOFF OVEN)	FNGPTC-07	SI	NO	2 o más	1
3	TUNEL DE ENFRIAMIENTO SAL. SECADO	FNGPTC-08	SI	NO	2 o más	1
4	CABINA PRIMER (PRIME SPRAYBOOTH)	FNGPTC-09	SI	NO	2 o más	1
5	HORNO DE CURADO PRIMER	FNGPTC-10	SI	NO	2 o más	1
6	TUNEL DE ENFRIAMIENTO SAL. CURADO PRI	FNGPTC-11	SI	NO	2 o más	1
7	CABINA BASE (BASECOAT SPRAYBOOTH)	FNGPTC-12	SI	NO	2 o más	1
8	CABINA CLARA (CLEARCOAT SPRAYBOOTH)	FNGPTC-16	SI	NO	2 o más	1
9	HORNO DE CURADO FINAL BASE-CLARA E1	FNGPTC-17	SI	NO	2 o más	1
10	HORNO DE CURADO FINAL BASE-CLARA E2	FNGPTC-18	SI	NO	2 o más	1
11	TRANSPORTADOR ELEVADO	FNGPTC-19	SI	NO	2 o más	1
12	AMU PRIMER	FNGPTC-21	SI	NO	2 o más	1
13	AMU BASE	FNGPTC-22	SI	NO	2 o más	1
14	AMU CLEAR	FNGPTC-23	SI	NO	2 o más	1

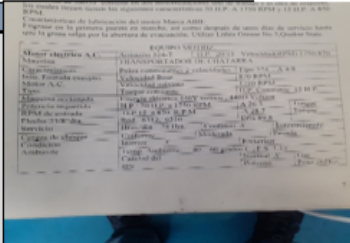
8.2 ANEXO 2

PRIMERA PRUEBA DE LLENADO DE CHECK LIST EN EQUIPO CRÍTICO

Durante esta primera prueba se encuentran detalles a corregir tanto en las instrucciones de las tareas como en el formato del check list, tomando como prueba un transportador de chatarra, se analiza el llenado del check list en el mantenimiento predictivo.

FLEX N GATE				TECNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CONVEYOR A TRANSPORTADOR DE CHATARRA NAVE 1.			
Equipo No.:	FNG-MSR-13	Departamento:	MTTO SERVICIOS				
No. Serie:	N/A	Edificio:	NAVE 1				
Tipo Mantto.:	PREDICTIVO	Ubicación:	TUNEL DE PRENSAS				
Asignado a:	Tec. Mtto.	Fecha Inicio:	04/07/2022				
Asignado por:	Sup. Mtto.	Fecha Termino:	04/07/2022				

Técnica de MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
FOTO de equipo	Marca:
	Serie:
	Modelo:
	Capacidad:
	Fecha de fabricación:
	Especificaciones:



Para los técnicos es fácil ubicar el equipo debido a este apartado más sin embargo debemos revisar que todos los check list cuenten con el llenado completo, ya que en esta primera prueba aún faltaba la foto del equipo y el llenado de los datos de placa.

En el siguiente apartado de técnicas de analisis el llenado fue correcto por parte de los tecnicos, solo se realizaron algunos pequeños ajustess en las descripciones de tareas, ya que durante la capacitacion se hisieron aclarar la mayoría dse dudas que pudieran tener segur las instrucciones del llenado en le

check list y el mantenimiento se realiza es sensillo de seguir para los tecnicos debido a su gran experiencia.

TECNICA DE ANALISIS PARAMETROS ELECTRICOS AMPERAJES Y VOLTAJES									
DESCRIPCION	MES	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/04/2022	30/05/22	09/07/2022	OBSERVACIONES
	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	
Desbalanceo de la tensión. *El voltaje esta desbalanceado.*	10.00	acceptable							
Hay calentamiento en las conexiones. *Revisar algún falso contacto*	10.00	acceptable							
Alertas de seguridad. *Verificar que las torretas y alarmas audibles funcionen.*	5.00	acceptable							
Cableado. *Revisar que todo el cableado se encuentre en buen estado.*	10.00	acceptable							
Sensores. *Revisar sensores de movimiento*	10.00	acceptable							
Aumento de carga del motor consumo excesivo.	15.00	acceptable							
Sistema Transmisión. *Verificar que el sistema funcione correctamente*	15.00	acceptable							

ANALISIS DE RESISTENCIA EN MOTORES									
DESCRIPCION	MES	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/04/2022	30/05/22	09/07/2022	OBSERVACIONES
	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	
Humedad. *Verificar si hay goteo, atmosfera humedad, brisas externas* En motores y tablero	10.00	Aceptable							No hay humedad.
Contaminación de motor y devanado. *Verificar si hay polvo y	10.00	Aceptable							
Fricción constante. *Verificar si no hay fricción entre rotor y estator*	20.00	Aceptable							
Temperatura alta. *Revisar parámetros, checar que tenga suficiente ventilacion.* Revisar ventilador y tapa	20.00	Aceptable							

TECNICA DE ANALISIS DE VIBRACIONES MECANICAS.

		6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/04/2022	30/05/22	09/07/2022	
DESCRIPCION	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptables	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	OBSERVACIONES
Pernos de seguridad. *Verificar que los pernos de seguridad de la catarina se encuentren bien fijados.* Revisar fusible mecanico.	15.00	acceptable							
Holgura mecánica. * Desgaste excesivo en elementos rodantes.* Revisar	20.00	acceptable							Algunas presentan desgaste.
Rodamientos dañados. *Revisar ruido o vibración en rodamientos (traslado).*	20.00	acceptable							
Elementos móviles. Revisar que no tenga ruidos raros la catarina motriz e inducida, cadena, chumaceras.	20.00	acceptable							
Scrap. Verificar que no haya scrap atorado entre los canjilones, y/o	10.00	acceptable							En algunos canjilones tiene scrap a torado.
Acoplamientos. *revisar los acoplamientos, tanto cople como cuñero.*	20.00	acceptable							
Chavetas. Revisar que no falten chavetas en la cadena de canjilones.	10.00	acceptable							
Movimiento vertical en elemento rodantes. *Se genera resistencia en las cadenas del transportador *	10.00	acceptable							
Inestabilidad Hidrodinámica. *La película de lubricante en movimientos, es insuficiente para los elementos.* En cadena y rodajas.	5.00	No acceptable, se requiere lubricacion automatica							
Rodajas. Revisar el balero y la alineacion de las rodajas.	20.00	acceptable							Algunas rodajas requieren cambio por desgaste.
Desgaste del Riel. *Revisar el desgaste del riel, en la supercie de friccion con las	10.00	acceptable							
Tensión. Revisar que las cadenas no presenten holgura por desgaste de eslabones.	20.00	acceptable							

TECNICA DE ANALISIS DE LUBRICACION

DESCRIPCION	MES TIEMPO/MIN.	6-NOV 21 aceptable/ no	04 DIC 21 aceptable/ no	24 FEB 2022 aceptable/ no	26 MAR-22 aceptable/ no	30/04/2022 aceptable/ no	30/05/22 aceptable/ no	09/07/2022 aceptable/ no aceptable	OBSERVACIONES
Lubricar las partes sometidas a fricción(Engrane dentado de Transmision, guías de cadena, Rodamientos) , si es necesario. *Lubricar según el elemento de las cartas de lubricacion.*	10.00	aceptable							Se requiere la instalacion de lubricadores para la cadena de la banda.
Disipar el calor generado por fricción. *Lo elementos lubricados se deben de encontrar con una ventilación	10.00	aceptable							
Niveles de Lubricación. *La transmisión de traslado debe de tener una adecuada cantidad de lubricante. *Revisar Nivel de aceite en reductor.	10.00	aceptable							El nivel esta correcto.
335.00									
REALIZO nombre	Fernando/ Heriberto/ Josue								
REVISO nombre	Hernando								

Durante el llenado de los apartados de análisis se visualiza los técnicos han realizado observaciones con base a los hallazgos durante el mantenimiento. Estos comentarios en las observaciones son importantes para tomar en cuenta en los siguientes mantenimientos ya que ayudan a predecir un comportamiento en el equipo.

En la toma de datos para el análisis del motor son claramente fáciles de entender tanto para tomarlos tanto para ingresarlos en el check list.

TRANSPORTADOR DE CHATARRA.									
1. MOTORREDUCTOR 1 NORTE. 20 H.P 26 AMPS 460 VOLTIOS	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/04/2022	30/05/22	09/07/2022	0	
1.1 VOLTAJE :Volts L1-L2	472								
1.2 VOLTAJE :Volts L2-L3	470								
1.3 VOLTAJE: Volts L3-L1	470								
1.4 CORRIENTE:Amps. L1	24.7								
1.5 CORRIENTE: Amps. L2	24.8								
1.6 CORRIENTE: Amps. L3	24.2								
1.7 OHMS L1 -L2.	1.1								
1.8 OHMS L2 -L3.	1.1								
1.9 OHMS L3-L1.	1.1								
1.10 Análisis de vibración en balero frontal (mm/s).	0.1								
1.11 Análisis de vibración en balero trasero (mm/s).	0.11								
1.12 Temperatura frontal (°C).	34								
2.13 Temperatura trasero (°C).	32								

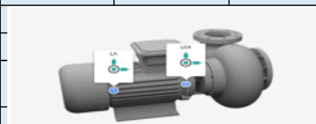
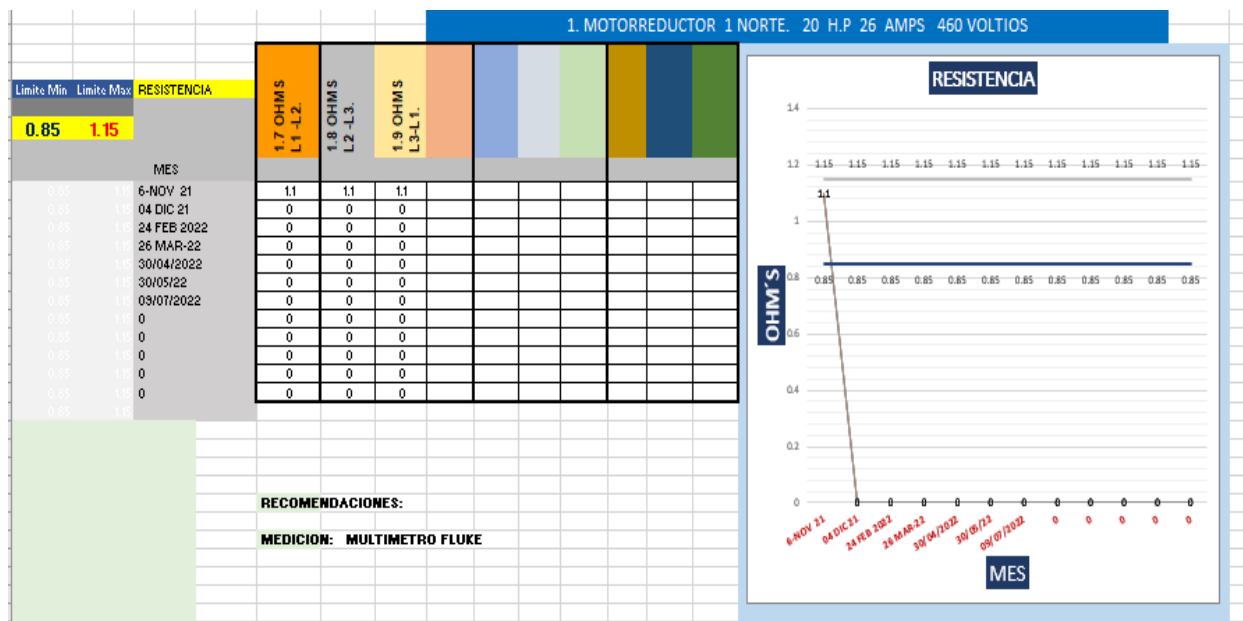
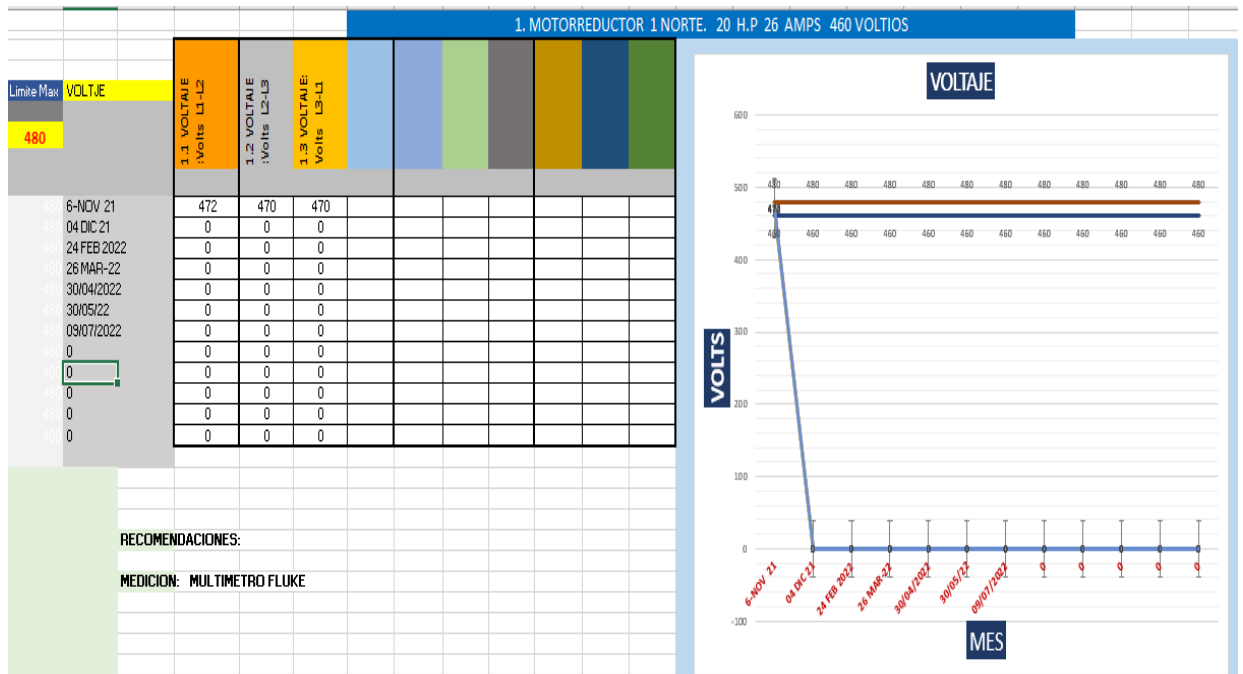


Figura 3: Puntos de medición de vibraciones en motores eléctricos.

En los gráficos los datos ingresados en el check list se grafican de manera correcta, los límites establecidos de acuerdo con la investigación en los datos de placa se pueden ajustar si es sugerido por técnicos o supervisores ya que ellos son los expertos en la maquinaria y esto puede ayudar hacer más sensible los registros dando facilidad a detectar cualquier anomalía en el registro gráfico.







8.3 ANEXO 3

PRUEBA EXITOSA EN LLENADO DE CHECK LIST EN EQUIPO CRÍTICO



TECNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMPRESOR No.10 KAESER 250 H.P. NAVE 1

Equipo No.:	FNG-MSR-255	Departamento:	MTTO SERVICIOS
No. Serie:	N/A	Edificio:	NAVE 2
Tipo Mantto.:	PREDICTIVO	Ubicación:	TORRES DE ENFRIAMIENTO
Asignado a:	Tec. Mtto.	Fecha Inicio:	21/10/2021
Asignado por:	Sup. Mtto.	Fecha Termino:	22/10/2021

Técnica de MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
	<p>Marca. KAESER</p> <p>Serie: 1117-7019340</p> <p>Modelo: DSD 25</p> <p>Capacidad. 250 h.p.</p> <p>Fecha de fabricación. 2020</p> <p>Especificaciones. 60 hz./ 290 AMPS./ 460 V</p>
	

TECNICA DE ANALISIS PARAMETROS ELECTRICOS AMPERAJES Y V

DESCRIPCION	MES	21-OCT 21								
	TIEMPO/ MINUTOS	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	OBSERVACIONES
Bobina en buen estado. *La bobina puede estar dañada en alguna de sus fases.*	10.00	Aceptable								
Desbalanceo de la tensión. *El voltaje esta desbalanceado.*	5.00	Aceptable								
Hay calentamiento en las conexiones. *Revisar algún falso contacto*	10.00	Aceptable								
Mala conexión de bobinas. *Revisar si las bobinas corresponden al diagrama del fabricante.*	5.00	Aceptable								
Aumento de carga del motor consumo excesivo. *Revisar si la carga que tiene es la Nominal de diseño.*	5.00	Aceptable								
Fases Invertidas. *Revisar rotación de fases. Asegurarse de que no hay un cable suelto.*	5.00	Aceptable								
Arrastre de rotor. *Verificar ruidos interno en motor*	5.00	Aceptable								
Falla al arranque. *Revisar Conexiones y parámetros*	5.00	Aceptable								

ANÁLISIS DE RESISTENCIA EN MOTORES										
	MES	21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0	
DESCRIPCIÓN	TIEMPO/ MINUTOS	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	OBSERVACIONES
Humedad. *Verificar si hay goteo, atmósfera humedad, brisas externas*	2.00	Aceptable								
Fricción constante. *Verificar si no hay fricción entre rotor y estator*	2.00	Aceptable								
Elementos químicos. *Revisar que no haya contaminación con elementos químicos*	2.00	Aceptable								
Temperatura alta. *Revisar parámetros, checar que tenga suficiente ventilación.*	10.00	Aceptable								
Velocidad Anormal. *Revisar parámetro y verificar resistencia en cada bobina.*	10.00	Aceptable								

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES MECÁNICAS.										
		21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0	
DESCRIPCIÓN	TIEMPO/ MINUTOS	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	OBSERVACIONES
Holgura mecánica. *Desgaste excesivo en el acoplamiento del eje y elementos rodantes.*	10.00	Aceptable								
Desgaste o daño en rodamientos. *La vida del rodamiento está rebasando su límite de trabajo.*	15.00	Aceptable								
Condiciones de trabajo o ciclos de carga frecuentes. *El equipo se encuentra sometido a condiciones anormales de trabajo*	5.00	Aceptable								
Movimiento horizontal en elementos rodantes. *Se presentan desbalances en elementos rodantes. (Principalmente en flechas).*	5.00	Aceptable								

TECNICA DE ANALISIS DE LUBRICACION

MES	21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0	0	
DESCRIPCION	TIEMPO/ MINUTOS	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	aceptable/no	OBSERVACIONES
Disipar el calor generado por fricción. *Lo elementos lubricados se deben de encontrar con una ventilación moderada atmosférica.*	5.00	Aceptable								
Proteger las piezas de la corrosión. *Los elementos lubricados deben de estar protegidos en un 100% con sus respectivas guardas.*	5.00	Aceptable								
Filtros de aceite ineficiente. *Se utilizan filtros no correspondientes a la maquinaria bajo especificaciones del fabricante.*	5.00	Aceptable								
Filtros de aceites sucios u obstruidos. *Lavar y limpiar filtros para evitar bloqueos en elementos lubricados.*	2.00	Aceptable								
128.00		60	2.1333333							

REALIZO:	nombre:	Salvador / Ignacio								
SUPERVISO:	nombre:	Hernando								

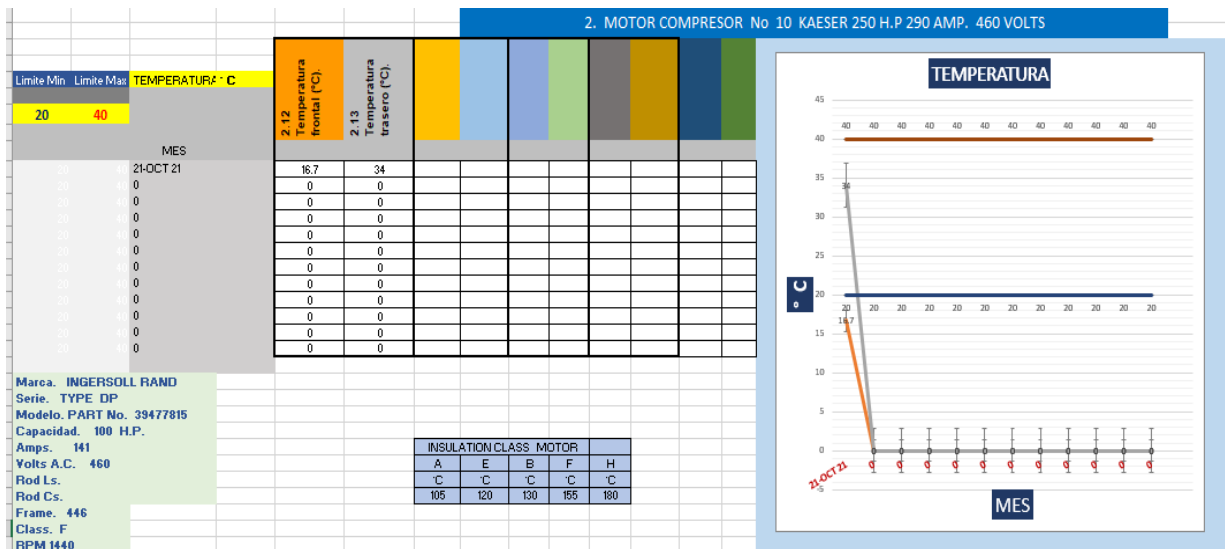
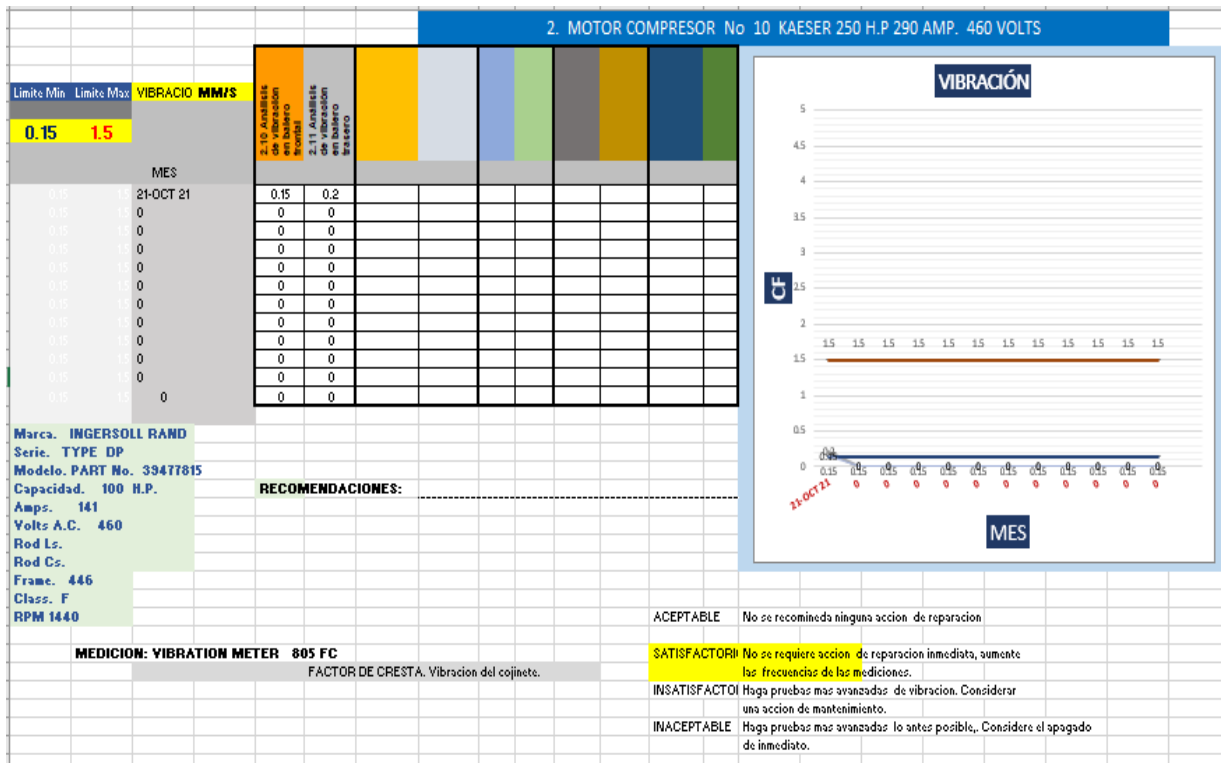
COMPRESOR No. 10 KAESER 250 H.P. PREDICTIVO										
1. COMPRESOR No. 10. ALIMENTACION PRINCIPAL 480 , 290	21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0		
1. VOLTAJE:Volts L1-L2	463									
2. VOLTAJE:Volts L2-L3	464									
3. VOLTAJE:Volts L3-L1	463									
4. CORRIENTE:Amps. L1	245									
5. CORRIENTE: Amps. L2	245									
6. CORRIENTE: Amps. L3	245									

COMPRESOR No. 10 KAESER 250 H.P. PREDICTIVO										
2. MOTOR COMPRESOR No 10 KAESER 250 H.P 290 AMP. 460 VOLTS	21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0		
2.1. VOLTAJE:Volts L1-L2	463									
2.2. VOLTAJE:Volts L2-L3	463									
2.3. VOLTAJE:Volts L3-L1	462									
2.4. CORRIENTE:Amps. L1	225									
2.5. CORRIENTE: Amps. L2	225									
2.6 CORRIENTE: Amps. L3	222									
2.7 OHMS L1-L2.	0.1									
2.8 OHMS L2-L3.	0.1									
2.9 OHMS L3-L1.	0.1									
2.10 Análisis de vibración en balero frontal (mm/s).	0.15									
2.11 Análisis de vibración en balero trasero (mm/s).	0.2									
2.12 Temperatura frontal (°C).	16.7									
2.13 Temperatura trasero (°C).	34									

COMPRESOR No. 10 KAESER 250 H.P. PREDICTIVO														
TERMOGRAFIA ENFRIADOR COMPRESOR No. 10 KAESER	21-OCT 21	0	0	0	0	0	0	0	0					
5.12 TERMOGRAFIA TEMPERATURA MAYOR(F) FARENHEIT	65	55.5	72	75										
5.13 TERMOGRAFIA TEMPERATURA PROMEDIO (F) FARENHEIT	32	31.5	20	24										

FAI TA AGGREGAR OTRO MOTOR DEL VENTILADOR

[illegible][illegible]



0	0
0	0

RECOMENDACIONES:

INSULATION CLASS MOTOR				
A	E	B	F	H
°C	°C	°C	°C	°C
105	120	130	155	180

No	HERRAMIENTA
	Descripción
1	MULTIMETRO DIGITAL MCA. FLUKE
2	DESARMADOR PLANO 3/8
3	PINZAS DE ELECTRICISTA.
4	LLAVE TIPO PALETA
5	CAMARA TERMOGRAFICA FLUKE Ti 32
6	VIBRATION METER 805 FC
7	EQUIPO DE SEGURIDAD
8	LLAVES MIXTAS HASTA 1 PULG



MOTOR VENTILADOR DE MOTOR

Marca. INGERSOLL RAND
Serie. TYPE TFR
Modelo. 9VN 215TTW4056ADL
Capacidad. 10 H.P.
Amps. 12-8
Volts A.C. 460
Rod Ls.
Rod Cs.
Frame. 143T
Class. F
Fecha de fabricación. 14 MAR08
RPM 1765



EQUIPO

8.4 ANEXO 4

SEGUIMIENTO DE UN MANTENIMIENTO CONTINUO

Después de 9 meses de haber implementado un mantenimiento predictivo en un equipo se pueden revisar las fallas que se han captado a lo largo de este tiempo, también se puede observar algún comportamiento grafico que pueda ayudar a predecir alguna falla y adelantar un diagnóstico del equipo.

TECNICA DE ANALISIS PARAMETROS ELECTRICOS AMPERAJES Y VOLTAJES

DESCRIPCION	MES	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/ABR/2022	30/MAY/22	09/JUL/2022	OBSERVACIONES
		TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	
Desbalanceo de la tensión. *El voltaje esta desbalanceado.*	10.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Hay calentamiento en las conexiones. *Revisar algún falso contacto*	10.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Alertas de seguridad. *Verificar que las torretas y alarmas audibles funcionen.*	5.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Cableado. *Revisar que todo el cableado se encuentre en buen estado.*	10.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Sensores. *Revisar sensores de movimiento*	10.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Aumento de carga del motor consumo excesivo.	15.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Sistema Transmisión. *Verificar que el sistema funcione correctamente*	15.00		acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	

ANALISIS DE RESISTENCIA EN MOTORES

DESCRIPCION	MES	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/ABR/2022	30/MAY/22	09/JUL/2022	OBSERVACIONES
		TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	
Humedad. *Verificar si hay goteo, atmosfera humedad, brisas externas* En motores y tablero electrico	10.00		Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	acceptable	Nohay humedad.
Contaminación de motor y devanado. *Verificar si hay polvo y particulas metalicas u otra sustancia en	10.00		Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	acceptable	
Fricción constante. *Verificar si no hay fricción entre rotor y estator*	20.00		Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	acceptable	
Temperatura alta. *Revisar parámetros, checar que tenga suficiente ventilacion.* Revisar ventilador y tapa	20.00		Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	acceptable	

TECNICA DE ANALISIS DE VIBRACIONES MECANICAS.									
		6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/ABR/2022	30/MAY/22	09/JUL/2022	
DESCRIPCION	TIEMPO/MIN.	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	acceptable/ no acceptable	OBSERVACIONES
Pernos de seguridad. *Verificar que los pernos de seguridad de la catarina se encuentren bien fijados.* Revisar fusible mecanico.	15.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Holgura mecánica. * Desgaste excesivo en elementos rodantes.* Revisar	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	Algunas presentan desgaste.
Rodamientos dañados. *Revisar ruido o vibración en rodamientos (traslado).*	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Elementos móviles. Revisar que no tenga ruidos raros la catarina motriz e inducida, cadena, chumaceras.	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Scrap. Verificar que no haya scrap atorado entre los canjilones, y/o rieles.	10.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	En algunos canjilones tiene scrap a torado.
Acoplamientos. *revisar los acoplamientos, tanto cople como cuñero.*	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Chavetas. Revisar que no falten chavetas en la cadena de canjilones.	10.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Movimiento vertical en elemento rodantes. *Se genera resistencia en las cadenas del transportador *	10.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Inestabilidad Hidrodinámica. *La película de lubricante en movimientos, es insuficiente para los elementos.* En cadena y rodajas.	5.00	acceptable	acceptable	No acceptable, se requiere lubricacion automatica	No acceptable, se requiere lubricacion automatica	No acceptable, se requiere lubricacion automatica	No acceptable, se requiere lubricacion automatica	No acceptable, se requiere lubricacion automatica	
Rodajas. Revisar el balero y la alineacion de las rodajas.	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	Algunas rodajas requieren cambio por desgaste.
Desgaste del Riel. *Revisar el desgaste del riel, en la supercie de friccion con las	10.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	
Tensión. Revisar que las cadenas no presenten holgura por desgaste de eslabones.	20.00	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	

TECNICA DE ANALISIS DE LUBRICACION									
DESCRIPCION	MES	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/ABR/2022	30/MAY/22	09/JUL/2022	OBSERVACIONES
	TIEMPO/MIN.	aceptable/ no	aceptable/ no	aceptable/ no	aceptable/ no	aceptable/ no	aceptable/ no	aceptable/ no	
Lubricar las partes sometidas a fricción(Engrane dentado de Transmision, guías de cadena, Rodamientos) , si es necesario. *Lubricar según el elemento de las cartas de lubricacion.*	10.00	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	Se requiere la instalacion de lubricadores para la cadena de la banda.
Disipar el calor generado por fricción. *Lo elementos lubricados se deben de encontrar con una ventilación	10.00	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	
Niveles de Lubricación. *La transmisión de traslado debe de tener una adecuada cantidad de lubricante.*Revisar Nivel de aceite en reductor.	10.00	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	El nivel esta correcto.
345.00									

En las técnicas de análisis se logra detectar algunas anomalías durante estos meses, la respuesta aceptable indica el funcionamiento aún está bien, en cambio el no aceptable indica la programación a tiempo de un mantenimiento correctivo, es aquí donde el supervisor debe programar un mantenimiento correctivo dependiendo de la gravedad de la falla por esta razón el técnico realiza una pequeña descripción de por qué no es aceptable la revisión, si la situación es aceptable pero se está comenzando a percibir anomalía de igual manera el técnico redacta un comentario en observaciones para mantener al tanto al supervisor el cual es el encargado de tomar medidas y programar los mantenimientos correctivos.

REALIZO	nombre	Fernando /Heriberto/Josue	Fernando P./Omar F.	Fernando P. Josué H.	Fernando P. Josué H.	Alejandro / Josue	Fernando P. Heriberto H Josué H.	SALVADOR/ MIGUEL	
REVISO	nombre	Hernando	Hernando	Hernando	Hernando	Hernando	Hernando	Hernando	

TRANSPORTADOR DE CHATARRA.								
1. MOTORREDUCTOR 1 NORTE. 20 H.P 26 AMPS 460 VOLTIOS	6-NOV 21	04 DIC 21	24 FEB 2022	26 MAR-22	30/ABR/2022	30/MAY/22	09/JUL/2022	0
1.1 VOLTAJE:Volts L1-L2	472	480	474	469	470	471	472	
1.2 VOLTAJE:Volts L2-L3	470	480	474	469	475	472	472	
1.3 VOLTAJE:Volts L3-L1	470	481	474	469	475	470	473	
1.4 CORRIENTE:Amps. L1	24.7	24.9	25	24.4	24	24	25	
1.5 CORRIENTE: Amps. L2	24.8	25.4	24.9	24.3	24	24	24.8	
1.6 CORRIENTE: Amps. L3	24.2	24.9	24.6	23.9	24	24	24.4	
1.7 OHMS L1-L2.	1.1	0.9	1	1	1	1	1.1	
1.8 OHMS L2-L3.	1.1	0.8	1	1	1	1	1.1	
1.9 OHMS L3-L1.	1.1	0.9	1	1	1	1	1	
1.10 Análisis de vibración en balero frontal (mm/s).	0.1	0.1	1.21	1.85	1.34	1.16	1.21	
1.11 Análisis de vibración en balero trasero (mm/s).	0.11	0.01	1.19	1.84	1	1.05	1.95	
1.12 Temperatura frontal (°C).	34	36.3	33.8	44.8	26	44	42.3	
2.13 Temperatura trasero (°C).	32	25.4	27.3	30.7	26	32	38.6	

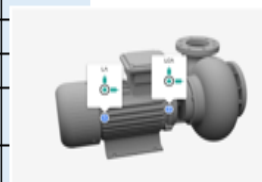
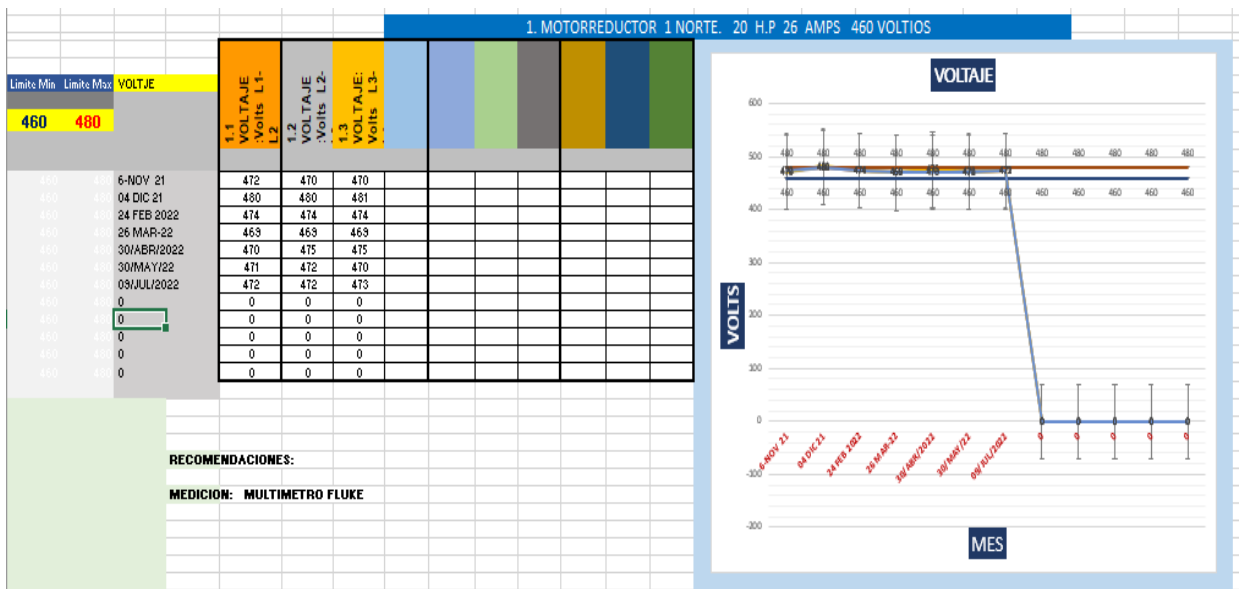
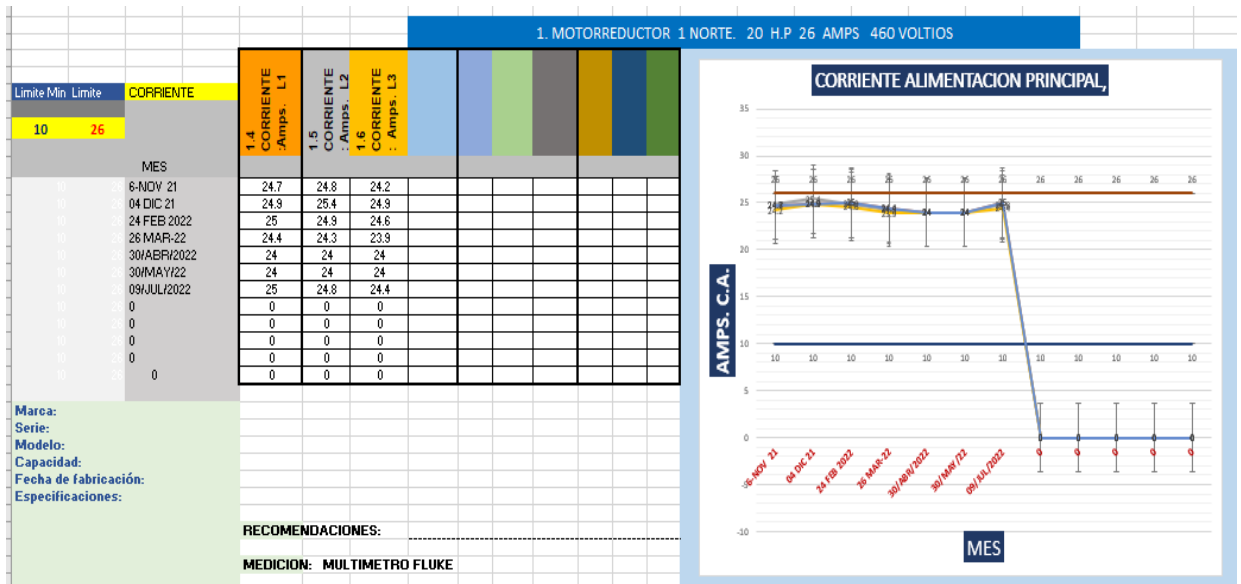
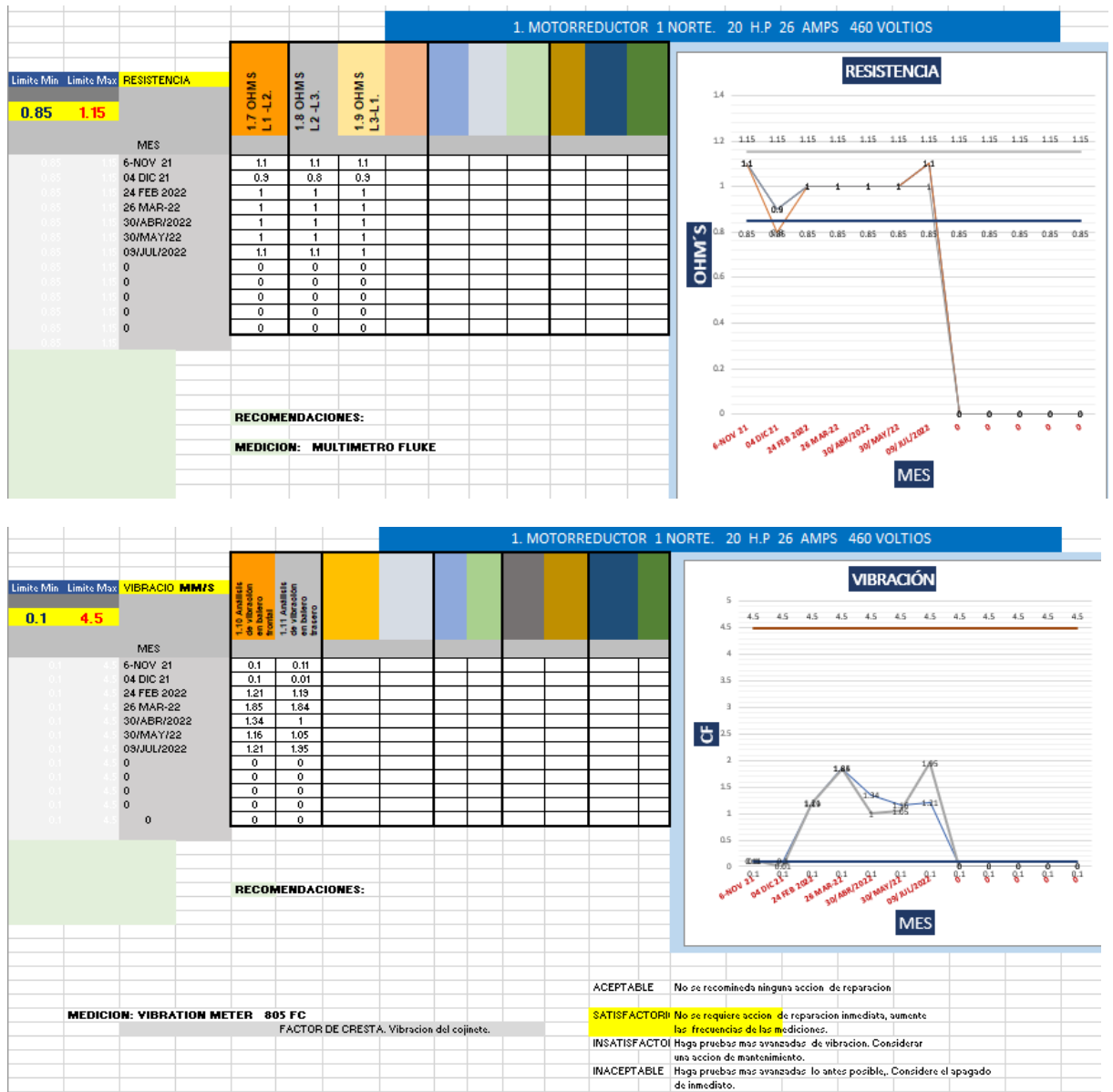


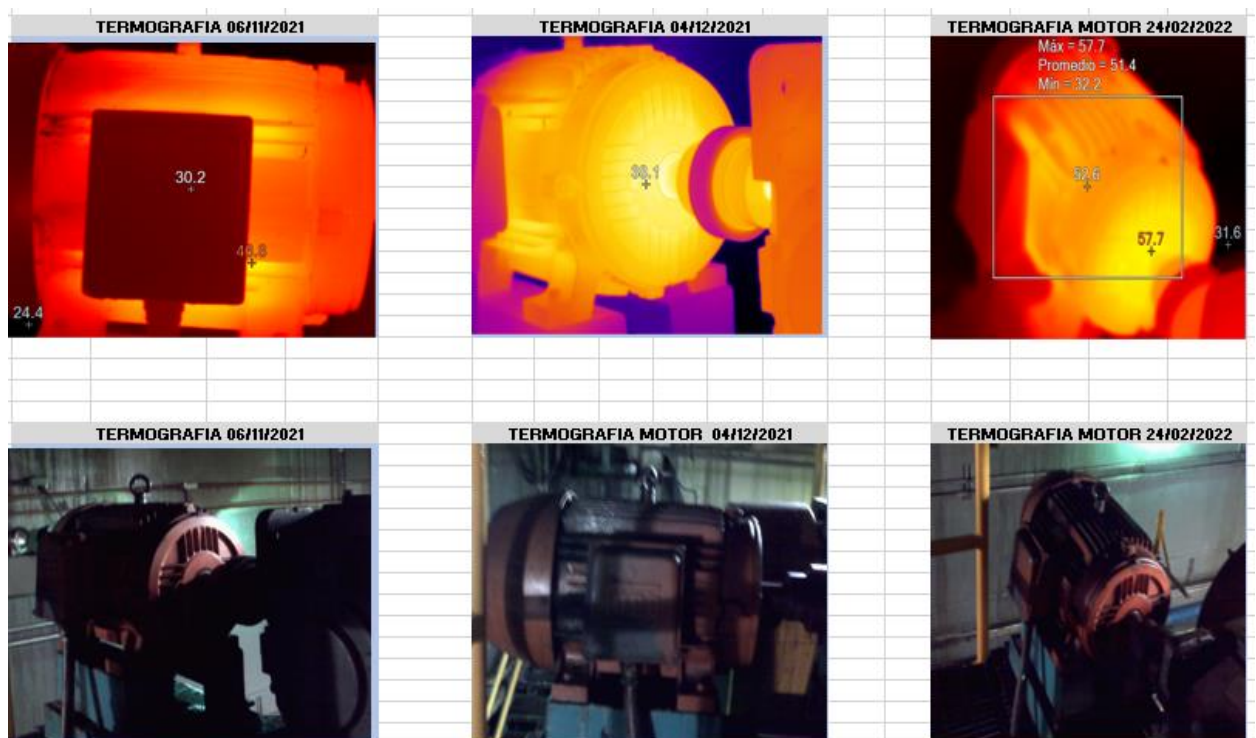
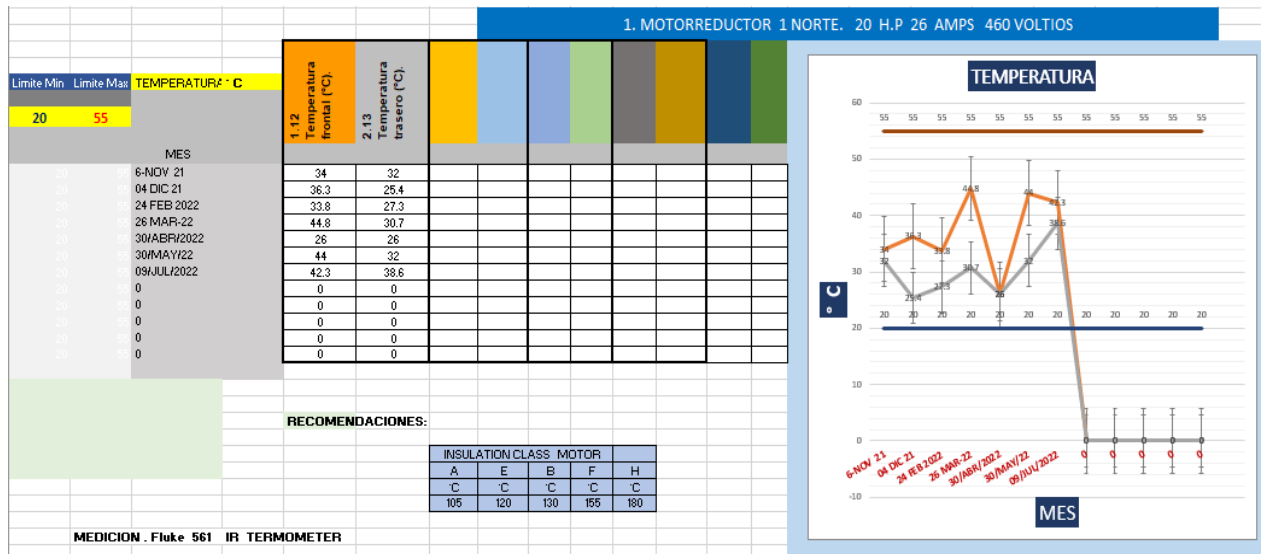
Figura 3: Puntos de medición de vibraciones en motores eléctricos.

Durante los primeros 9 meses de seguimiento la toma de datos en el motor se percibe ordenada y sin mucha varia validad en cuanto a la toma de estos durante cada mantenimiento, si por alguna situación se llegaran a salir de los límites establecidos seria detectado de inmediato en los gráficos programados.





Una vez se lleva tiempo registrando información puede ser confusa verla en una tabla de registro por lo que la presentación grafica facilita al supervisor analizar cualquier dato fuera de límite establecido. Durante el monitoreo de este equipo aún no se encuentran fallas críticas y los datos que más se acercan al límite tienden a regresar en los siguientes mantenimientos siendo incluso errores de medición a tomar los datos por descuido de algún técnico o errores del equipo, solo que al ser mínimos no se percibe la necesidad de un mantenimiento correctivo, ahorrando tiempo de personal, evitando gastos innecesarios aún.



En la toma de la termografía además de ser importante revisar la gráfica de los datos registrados, se debe observar la imagen térmica para visualizar el surgimiento de algún punto caliente en el momento que se observe el aumento de temperatura. Una vez implementados los check lis en cada equipo es responsabilidad del supervisor de cada área revisar el seguimiento de los mantenimientos predictivos en los equipos.