

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COMPAÑÍA
METALMECÁNICA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.

Ing. Javier Ricardo Plazas Quitian. Cod.124236

Ing. Jorge Luis Baleta Ortega. Cod.111585

Ing. Camilo Andrés Peña Forero. Cod.121761

Dirección de posgrados.

Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Universidad ECCI.

Bogotá D.C.

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COMPAÑÍA
METALMECÁNICA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.

Ing. Javier Ricardo Plazas.

Ing. Jorge Luis Baleta Ortega.

Ing. Camilo Andrés Peña Forero.

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento.

Asesor: MSc. Fred Geovanny Murillo Rondón

Dirección de posgrados.

Especialización en Gerencia en Mantenimiento.

Universidad ECCI.

Bogotá D.C.

2023.

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
PALABRAS CLAVE.....	18
KEYWORDS.....	18
1. TÍTULO DE INVESTIGACIÓN.....	18
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
3. OBJETIVOS.....	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	21
5. MARCO CONCEPTUAL.....	23
6. MARCO TEÓRICO.....	30
6.1. Mantenimiento.....	30
6.2. Tipos de mantenimiento.....	30
6.2.1. Mantenimiento correctivo.....	31
6.2.2. Mantenimiento preventivo.....	31
6.3. Historia del mantenimiento.....	32
6.4. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.....	33
6.4.1. Ventajas de la implementación del mantenimiento preventivo.....	33
6.4.2. Desventajas del mantenimiento preventivo.....	34
6.5. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.....	34
6.5.1. Ventajas del mantenimiento correctivo.....	34
6.5.2. Desventajas del mantenimiento correctivo.....	34

6.7. Indicadores de mantenimiento.....	38
6.8. Marco normativo.....	39
6.8.1 Norma ISO 9000.....	39
6.8.2. Norma ISO 55000.....	40
6.8.3. Norma ISO 14224.....	41
6.8.4. Estándar SAE-JA 1011/1012.....	42
7. MARCO METODOLÓGICO.....	43
7.1. Tipo de investigación.....	43
7.2. Fuentes de recolección de la información.....	43
7.2.1. Fuentes primarias.....	43
7.2.2. Fuentes secundarias.....	43
7.3. Herramientas utilizadas.....	44
7.4. WBS (Work Breakdown Structure).....	44
8. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	45
8.1. Lista de actividades. (WBS).....	46
8.2. Cronograma, lista de actividades (WBS).....	47
9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	48
9.1. Analizar la situación actual del mantenimiento de los activos.....	48
9.1.1. Determinar los activos a analizar realizar un listado de las partes y sistemas del activo que se desea analizar.....	48
9.1.2. Evaluar la situación actual del mantenimiento de los activos.....	49
9.1.3. Realizar la inspección de las hojas de vida de los activos.....	50
9.1.4. Verificar los reportes de las fallas más recurrentes.....	51

9.2. Análisis de modos y efectos de falla.....	51
9.2.1. verificar el tipo de mantenimiento actual.....	52
9.2.2. Estrategias de mantenimiento.	52
9.2.3 Funciones y requerimientos del mantenimiento de los activos más críticos.	55
9.3. Análisis causa raíz.....	63
9.4. Propuesta de mantenimiento.....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
RECOMENDACIONES:.....	72
BIBLIOGRAFÍA.	73

LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1. Matriz de criticidad:	37
Tabla 2. Secuencia de actividades.	46
Tabla 3. Cronograma.	47
Tabla 4. Listado de activos.	48
Tabla 5. Identificación del equipo.	49
Tabla 6. Análisis de modos de falla equipo Torno.	50
Tabla 7. Fallas recurrentes equipo torno.....	51
Tabla 8. Diagrama implementación del mantenimiento preventivo.	53
Tabla 9. Análisis de costos de las dos filosofías de mantenimiento:	54
Tabla 10. Análisis programa de mantenimiento torno.....	55
Tabla 11. Análisis programa de mantenimiento fresadora eléctrica.	56
Tabla 12. Análisis programa de mantenimiento dobladora mecánica.	57
Tabla 13. Análisis programa de mantenimiento cortadora mecánica.	58
Tabla 14. Análisis programa de mantenimiento tronadora eléctrica.....	59
Tabla 15. Análisis programa de mantenimiento equipo de soldadura eléctrica mig.	60
Tabla 16. Análisis programa de mantenimiento compresor.	61
Tabla 17. Análisis programa de mantenimiento taladro de árbol.	62
Tabla 18. Análisis de fallas a través del diagrama causa raíz torno.	64
Tabla 19. Análisis de fallas a través del diagrama causa raíz fresadora.	65
Tabla 20. Comparación de mantenimiento entre método actual y propuesto.....	66
Tabla 21. Comparación de mantenimiento en horas.....	67

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad el mantenimiento ya sea de los activos o de la infraestructura como tal de una compañía, con el tiempo se ha venido convirtiendo en parte fundamental para el crecimiento y posicionamiento en la industria cada vez más competitiva y globalizada, , por tal razón es de vital importancia tener un plan de gestión y control de mantenimiento acorde a las exigencias de la compañía, que garantice la correcta operación y disponibilidad de los activos, ya que del área de mantenimiento depende la fabricación y calidad de los productos comercializados, lo que tendrá un impacto positivo en las finanzas de la compañía.

La compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá tiene como enfoque principal el área de la metalmecánica, teniendo como portafolio la fabricación de maquinaria, piezas especiales y repuestos en los sectores del agro, industria, petróleo y alimentos, teniendo como políticas la solución efectiva a las necesidades del cliente en términos de cumplimiento y calidad, con esto se proyecta a futuro como una empresa líder en el diseño y fabricación de piezas especiales, ofreciendo soluciones los clientes de cualquier área.

En la compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá no se encuentra implementado el plan de mantenimiento preventivo, esto debido a que la administración no ve al departamento de mantenimiento como un generador de ingresos sino como un gasto, por lo que no se invierte lo suficiente en la capacitación del personal y en diseñar metodologías de mantenimiento, a esto se le suma que algunos equipos se encuentran con graves averías y no se cuenta con información clara de los manuales de partes, de usuario y de operación, no se tiene un análisis de fallas de los activos y no contamos con un stock adecuado para suplir los requerimientos de los equipos, la falta de las intervenciones programadas repercute de forma directa en la producción y calidad del

producto entregable, lo que trae consigo retrasos en las entregas, desperdicio de materia prima y un elevado costo del mantenimiento por fallas imprevistas e intervenciones correctivas durante el proceso de producción.

RESUMEN.

El objetivo de este proyecto de investigación se centra en generar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa de metalmecánica en la sabana de Bogotá, en la cual se ha evidenciado que es de vital importancia la implementación de dicho plan de mantenimiento con el objetivo de reducir al mínimo las fallas presentadas de manera inesperada, ya que de no ser intervenidos a tiempo los equipos se reduce la vida útil de los mismos y así mismo, estas paradas generaran retrasos en todo el proceso de los mecanizados.

Para desarrollar una propuesta se hizo una evaluación de la situación actual del mantenimiento de los activos donde se evidencio una problemática debido a que no se cuenta con una gestión de mantenimiento apropiada y esto afectaba la disponibilidad de los activos involucrados en la elaboración de piezas mecanizadas. Se aplicaron diferentes métodos de recolección de datos como datasheet de las maquinas, hojas de información AMEF (análisis de modos y efectos de fallas) y encuestas a los operadores de los equipos. Para darle solución a esta problemática, se realizaron consultas de tesis y trabajos relacionados con temas de mantenimiento, ya obteniendo este conocimiento encontramos que existen varias metodologías que se pueden utilizar para desarrollar un plan de mantenimiento, se eligió la más adecuada para plantearla a la empresa de metalmecánica y así empezar con un adecuado y organizado plan de mantenimiento.

Por lo tanto, se espera que este plan de mantenimiento preventivo sea tomado e implementado por la industria de metalmecánica, y así poder incrementar sus indicadores de producción y la disponibilidad de todos los activos.

ABSTRACT.

The objective of this research project is focused on generating a proposal for a preventive maintenance plan for a metalworking company in the Bogotá savannah, in which it has been shown that the implementation of said maintenance plan is of vital importance with the aim of objective of minimizing failures that occur unexpectedly, since if the equipment is not intervened on time, its useful life is reduced and likewise, these stops will generate delays in the entire machining process.

To develop a proposal, an evaluation of the current situation of the maintenance of the assets was made, where a problem was evidenced due to the fact that there is no appropriate maintenance management and this affected the availability of the assets involved in the elaboration of machined parts. Different data collection methods were applied, such as machine datasheets, AMEF information sheets (failure modes and effects analysis) and surveys of equipment operators. In order to solve this problem, thesis consultations and works related to maintenance issues were carried out, and obtaining this knowledge we found that there are several methodologies that can be used to develop a maintenance plan, the most appropriate one was chosen to present it to the company. metal mechanics and thus start with an adequate and organized maintenance plan.

Therefore, it is expected that this preventive maintenance plan will be taken and implemented by the metalworking industry, and thus be able to increase its production indicators and the availability of all assets.

PALABRAS CLAVE.

Tiempo medio entre reparaciones, mantenimiento, preventivo, correctivo, amef, criticidad, falla, fiabilidad, metalmecánica, disponibilidad, producción, tiempo medio entre fallas, activos, WBS.

KEYWORDS.

Mean time between repairs, maintenance, preventive, corrective, FMEA, criticality, failure, reliability, metalworking, availability, production, mean time between failures, assets, WBS.

1. TÍTULO DE INVESTIGACIÓN.

Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para una compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

2.1. Descripción del problema.

Actualmente la gestión del mantenimiento de los activos, se ha convertido en un factor muy importante para el crecimiento de una compañía, debido al entorno cada vez más competitivo de la industria metalmecánica y la expansión de los mercados, por tal razón es de vital importancia tener un plan de mantenimiento que se adapte a las exigencias de la compañía, que garantice la correcta operación y disponibilidad de los activos, ya que del área de mantenimiento depende la fabricación y calidad de los productos comercializados, lo que se verá reflejado en la parte financiera y estabilidad de la compañía.

La compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá no tiene como enfoque principal el departamento de mantenimiento, teniendo como portafolio la fabricación de maquinaria, piezas especiales y repuestos en los sectores del agro, industria, petróleo y alimentos, teniendo como políticas la satisfacción de las necesidades de los clientes en términos de cumplimiento y

calidad, con esto se proyecta a futuro como una empresa líder en el diseño y mecanizado de piezas especiales, ofreciendo soluciones efectivas a los clientes.

La compañía metalmeccánica en la sabana de Bogotá no cuenta con plan de mantenimiento preventivo, esto se debe a que la administración no ve al departamento de mantenimiento como un generador de ingresos sino como un gasto, por lo que no se invierte lo suficiente en la capacitación del personal y en diseñar metodologías de mantenimiento, a esto se le suma que la mayoría de los equipos presentan averías graves y fallas repetitivas y no se cuenta con información clara de los manuales de partes, de usuario y de operación, no se tiene un análisis de fallas de los activos y no contamos con un stock adecuado para suplir los requerimientos de los equipos, la falta de las intervenciones programadas repercute de forma directa en la producción y en la calidad de las piezas fabricadas, lo que trae consigo retrasos en las entregas, desperdicio de materia prima y un elevado costo del mantenimiento por fallas imprevistas e intervenciones correctivas durante la producción.

2.2. Pregunta de investigación.

¿Cómo reducir las fallas en los activos del área producción de la compañía metalmeccánica en la sabana de Bogotá, sin incrementar los costos de mantenimiento?

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

Elaborar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, para todos los activos involucrados en el área de producción de la compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá..

3.2 Objetivos específicos.

- Evaluar la situación actual del mantenimiento de los activos, a través del análisis de hojas de información AMEF (análisis de modos y efectos de falla), con el fin de determinar las fallas críticas en los activos.
- Desarrollar a partir del análisis AMEF estrategias de mantenimiento las cuales sea la más adecuada para mejorar el tiempo entre fallas de los activos según sea su criticidad.
- Establecer cómo y en cuanto tiempo se puede mejorar la disponibilidad de los activos, a través del análisis del diagrama causa raíz, análisis por comparación con diferentes planes de mantenimiento en industrias similares y datos obtenidos, con el fin de reducir los tiempos promedio de falla en los activos.
- Definir el plan de mantenimiento adecuado, de acuerdo con el análisis y recolección de datos previamente hecho, con el fin de exponer los beneficios de su aplicación en la compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá.

4. JUSTIFICACIÓN.

En la industria metalmecánica hay muchos retrasos en la producción por los fallos de las máquinas, ya sea por anomalías en el funcionamiento de una máquina o equipo independiente o un grupo de equipos que hagan parte una línea de producción. De acuerdo con esto se ve la necesidad la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo principal de garantizar la disponibilidad de los equipos; así mismo, poder reducir al mínimo las fallas de que por lo general suelen ocurrir de manera muy frecuente en momentos inesperados. Para el desarrollo de esta propuesta se tendrá en cuenta una serie de pasos, inicialmente se tendrá que identificar a detalle cada uno de estos equipos, luego se debe recopilar la información necesaria como: (toma de datos de los activos, intervenciones realizadas, reportes de los operadores, informes de falla, manuales etc.), de esta manera se podrá diseñar la propuesta de dicho plan de mantenimiento aplicando las herramientas, conocimientos y técnicas necesarias de mantenimiento.

Para esta industria metalmecánica, un adecuado mantenimiento preventivo de los activos, así como de los mecanismos y sistemas eléctricos resulta fundamental para su óptimo rendimiento, ya que al diseñar esta propuesta de mantenimiento beneficiaría la productividad y engloba factores muy importantes como lo son: (mejor rendimiento y disponibilidad de los activos, producción y distribución del producto terminado).

Debido a que en la compañía no se cuenta con información clara acerca de los activos y que estos presentan bastante antigüedad y la intervenciones son casi siempre correctivas, las fallas en los diferentes sistemas son cada vez más recurrentes lo que contribuye de manera directa en la

producción y en la calidad del producto final, aumentando cada vez más el tiempo y los costos de mantenimiento y producción, esto impacta directamente las finanzas de la compañía, debido a esta problemática se propone desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que reduzca los tiempos entre fallas de los activos del área de producción y optimizar los procesos en la etapa de producción.

Este proyecto tiene como finalidad determinar cuál es la mejor propuesta de plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica para aumentar la capacidad de producción sin incrementar los costos de mantenimiento, además de servir como documento de investigación en los temas de propuestas de planes de mantenimiento y cuál es la mejor opción para adaptarla en industrias que cumplan las características de investigación, en la empresa será una propuesta la cual la podrá aplicar la gerencia he impactara todas las áreas como lo son producción, mantenimiento y finanzas, además será reflejado en los cargos técnicos, estratégico y de gerencia he impactara en toda la compañía.

4.1. Delimitación.

Esta propuesta del plan de mantenimiento se realizará durante los meses de mayo del 2022 a diciembre del 2022, en la compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá.

4.2. Limitaciones.

Para el desarrollo de esta propuesta de plan de mantenimiento se requieren los recursos como experiencia técnica, conocimiento adquirido, tiempo en investigación y el análisis de los datos recolectados, todo esto a través de los autores del trabajo.

5. MARCO CONCEPTUAL.

5.1. Estado del arte.

5.1.1. Estado del arte nacional.

El ingeniero Gabriel Antuan Sierra Álvarez, de la universidad industrial de Santander, en el año 2.004 desarrolló su tesis de grado titulada “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A”, donde busca implementar el programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos utilizados en el proceso de producción, en primer lugar realizó un análisis del estado actual de la gestión del mantenimiento en la compañía, debilidades y fortalezas, evaluó la forma en que se planea y ejecutan las actividades en la actualidad, para identificar falencias y proponer mejoras, con el objetivo de contribuir con las políticas de calidad establecidas por la empresa, para elaborar el modelo más adecuado, realizó un inventario de los activos y recolectó la información más relevante sobre ellos, posteriormente realizó el análisis de fallas determinó y agrupo los equipos por criticidad para definir las tareas programadas para cada uno, en las que también incluye inspecciones periódicas y preoperacionales , actividades de limpieza y lubricación, mejoras y ajustes menores, es interesante que al final tenga en cuenta e incluya indicadores para poder medir y evaluar la gestión del mantenimiento, para determinar si la estrategia utilizada es la adecuada o se deben realizar ajustes en aras de mejorar, el trabajo se encuentra bien estructurado y define con claridad sus objetivos, ya que en primera instancia analiza el mantenimiento actual para así definir si en realidad tiene falencias y proponer una solución eficiente. (Álvarez, s. f.)

El ingeniero Jeyson Gordillo Chacón, de Universidad ECCI, de Colombia en el año 2021, desarrollo su proyecto de especialización titulado “Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos)”, el cual tiene como propósito principal desarrollar una metodología de mantenimiento que se ajuste a cualquier tipo de compañía, basándose en la mejora continua través de las inspecciones frecuentes de los sistemas y mecanismos de los activos de la compañía, el proyecto se fundamenta en la metodología de 8 pasos para la solución de un problema, inicialmente desarrolló un formato de evaluación para cada una de las 8 etapas, definición de objetivos, jerarquización de los equipos, análisis de fallas, diseño del plan de mantenimiento, los recursos necesarios, programación, control y optimización del mantenimiento, evaluación y control de la correcta ejecución de las actividades del mantenimiento, análisis del ciclo de vida de los activos y cálculo del costo de reemplazo, ajustes y mejoras, adaptación de nuevas tecnologías, todo con la finalidad de poder garantizar la correcta aplicación de la metodología, la cual fue aplicada a una empresa real (Mundial de montacargas), en la que al realizar el análisis DOFA, se logró identificar la problemática existente en la compañía respecto al mantenimiento y con esta metodología se propuso una solución encaminada a la mejora continua, al final el ingeniero aporta una serie de recomendaciones que deben tener en cuenta en el área de mantenimiento, como realizar capacitaciones a los operadores y personal técnico con el fin se familiaricen y generen conocimiento relacionado a los sistemas de mejora continua, implementar formatos para llevar un control de las tareas de mantenimiento, asegurar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento. Este trabajo es de gran aporte para el proyecto que realizamos ya que defines unos parámetros determinantes para la correcta implementación y seguimiento de un plan de

mantenimiento en cualquier industria, conjuntamente se determina el presupuesto necesario para dicha implementación y el cálculo del retorno a la inversión. (Gordillo Chacón, 2021)

Los ingenieros Rafael David Ángel Gasca y Héctor Mauricio Olaya Vargas, de la Universidad Tecnológica de Pereira, facultad de ingeniería mecánica año 2014, en su proyecto titulado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa agro ángel”, Precisamente ellos plantean un cambio en la forma en que se viene manejando el mantenimiento en la compañía, ya que ven un problema en que el mantenimiento sea netamente correctivo, esto acarrea gastos innecesarios de dinero y muchos tiempos muertos en la producción, UN problema similar al que evidenciamos en la industria metalmecánica de la sabana de Bogotá, el desarrollo del trabajo lo enfocaron también en varios pasos, donde lograron identificar los puntos débiles a analizar las posible soluciones, los pasos en que se basó para desarrollar el plan de mantenimiento, fueron:

- Realizar inventario de los equipos.
- Realizar la taxonomía de los equipos.
- Crear formatos y hojas de datos: (Instructivos, Tarjetas Maestras, Hojas de vida de los activos, Relación de Requerimientos, etc.).
- Diseñar tableros de control y formatos para la adecuada administración de la gestión del mantenimiento.
- Definición de los Indicadores de Gestión.
- Introducción de los datos del plan en el software.

Es un trabajo bastante completo ya que incluye la implementación del plan de mantenimiento y el software para el seguimiento y control de dicho mantenimiento, es un trabajo que también nos

aporta para el desarrollo dl nuestro ya que afianzamos conocimientos en cuanto a las metodologías que se deben seguir para la correcta implementación del plan de mantenimiento.

(Ángel Gasca & Olaya Vargas, 2014)

5.1.2. Estado del arte internacional.

El ingeniero Mauricio Damián Bayas Guevara, de la escuela superior politécnica Chimborazo, de Ecuador, en el año 2021, desarrolló su proyecto titulado “mejoramiento del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas críticas del área de metalmecánica de la empresa Ecuatran s.a. aplicando la metodología de optimización del plan de mantenimiento”, busca optimizar el plan de mantenimiento preventivo aplicado en la compañía, empleando la metodología PMO, donde estableció varios pasos y parámetros para que el plan se ejecutara de forma satisfactoria, inicio con un estudio de la forma en que se venía realizando el mantenimiento para lograr establecer falencias y determinar los cambios y mejoras que se debían realizar, acto seguido realizó la taxonomía de los activos involucrados en el área de estudio, luego realizó un análisis de modos de fallas y los efectos o consecuencias que trae consigo las paradas no programadas por fallos imprevistos de los equipos, posteriormente realiza una lista de tareas adecuadas para cada modo de falla, se analizan y se organizan obteniendo el nuevo plan de mantenimiento optimizado, Nos parece que la metodología usada fue la más adecuada ya que para implementar un plan de mantenimiento adecuado, primero se debe conocer toda información relevante de los activos en los que se va a aplicar, hacer un análisis del árbol de fallas para determinar que tareas son las que más se adaptan para reducir al máximo las paradas imprevistas y reducir el tiempo entre fallas, el éxito de la implementación y ejecución del mantenimiento preventivo se debe principalmente a que se trace una estrategia y se establezcan

objetivos, metas claras y medibles, donde se definan las prioridades según la criticidad y se controle su correcta ejecución. (Bayas Guevara, 2021)

Los ingenieros Edson Felipe Quiroz Díaz y Daniel Faustino Ramírez Caycho, de la Universidad Cesar Vallejo de Lima, Perú, año 2020, en su tesis para adquirir el título de ingenieros industriales titulada “Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L., San Martín de Porres”, se proponen como principal objetivo establecer como la implementación de un plan de mantenimiento preventivo impacta positivamente la productividad en el área de manufactura de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L, esto debido a que la compañía no disponía de un plan de mantenimiento que garantizara la correcta operación de la maquinaria, lo que se veía reflejado en baja producción y retrasos en las entregas a los clientes debido a las múltiples paradas imprevistas y le reducido tiempo entre fallas, iniciaron la investigación identificando las causas que generan la baja producción, enfocándose no solo en los equipos sino que también tuvieron en cuenta factores como el personal, el entorno, la materia prima, el stock de repuestos, el mantenimiento, los indicadores, entre otros, realizaron el diagrama de Ishikawa, para tener una idea más clara de las principales causas que afectan la producción, organizándolas en relación a la mayor afectación, seguidamente se analizaron las fallas más recurrentes para determinar las tareas que se debían tener en cuenta dentro del plan de mantenimiento, la medición se hizo basándose en el número de piezas fabricadas en un determinado tiempo haciendo un comparativo con la producción antes de que se implementara el plan de mantenimiento preventivo, los ingenieros se basan en el enfoque cuantitativo teniendo como variable las piezas producidas en una muestra de 30 días, donde luego de realizar todo el análisis

pertinente determinaron que con la implementación del mantenimiento preventivo se aumentó la producción en un 19%, la eficacia en un 16% y la eficiencia en un 6% (Quiroz Díaz & Ramírez Caycho, 2020)

El ingeniero Julio Cesar Mejía Robles, de la universidad de Guayaquil, Ecuador, año 2018, realizó un proyecto titulado “diseñar un programa de mantenimiento preventivo en el área de producción de una empresa metalmecánica”, se plantea como propósito diseñar un plan de mantenimiento preventivo con el fin de incrementar la capacidad en la producción de aceros en la Industria Metalmecánica, el problema que evidenciaron es que al igual que muchas compañías de este tipo tampoco se disponía de un plan de mantenimiento preventivo lo que afectaba en gran medida la producción y la satisfacción del cliente, además de los tiempos improductivos por las avería imprevistas y aumento de los costos operativos, para diseñar el plan de mantenimiento acorde a las necesidades de la compañía se plantearon varios pasos a seguir, analizar el estado actual de los activos con las actividades correctivas realizadas actualmente en la compañía, la identificación de los activos y el análisis de causa raíz de las fallas de cada uno de ellos, también se determinó la disponibilidad en la producción, la criticidad de cada activo, frecuencia de fallas y el tiempo medio entre fallas, la producción se calculó anualmente en un tiempo determinado, para posteriormente hacer una comparación con la producción luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, el ingeniero se basó en el enfoque mixto, con el uso de diagramas de proceso, de Pareto e Ishikawa, en donde no solo concluyó que la mejor opción para reducir al mínimo las fallas en los equipos lo cual repercutía directamente en las finanzas de la compañía era la aplicación del mantenimiento preventivo sino que definió el presupuesto para la implementación de este, junto con los tiempos necesarios para ponerlo en marcha, asimismo el

tiempo de retorno a la inversión, consideramos que tuvo un enfoque bastante completo ya que en el diseño también se incluyó un aspecto muy importante para la administración, como lo es la parte económica, ya que uno de los factores que inciden directamente en el mantenimiento y que en ocasiones obstaculizan, por decirlo de alguna manera, su correcta aplicación es el área de la gerencia quienes ven el área de mantenimiento como un gasto. (Mejía Robles, 2018).

En los estados del arte referenciados anteriormente podemos destacar que cada uno de los proyectos parte de la necesidad de crear un plan de mantenimiento preventivo porque no se cuenta con un plan o el que se está utilizando en la actualidad no es totalmente eficiente, debido a esto el método que se usa es muy similar, iniciando con la identificación de los activos en los que se debe aplicar mantenimiento preventivo, identificando fallas más recurrentes, tiempos medio entre fallas y tiempo de reparación, vemos un aspecto fundamental que es tener en cuenta los costos en los que se incurre al no tener un plan adecuado de mantenimiento y como la implementación de un plan acorde puede reducir los costos de la operación, tomándolos como referencia podemos dar un enfoque correcto y más estructurado para el desarrollo del presente proyecto.

6. MARCO TEÓRICO.

6.1. Mantenimiento.

El mantenimiento se puede definir como el conjunto de métodos o estrategias implementadas para conservar los activos e infraestructura en buen estado de funcionamiento por el mayor tiempo posible, se trata de mantener los equipos en operación y extender al máximo su vida útil, mediante un plan determinado o con acciones correctivas.

Debido a que como se mencionaba anteriormente en la empresa metalmecánica de la sabana de Bogotá, no consideran el mantenimiento como un área esencial para la producción y el crecimiento y posicionamiento en el mercado de la compañía, no hay un plan de mantenimiento afín con las necesidades de los equipos y al personal técnico, lo que ha traído como consecuencia que los activos no cumplan a cabalidad con las funciones para las que fueron diseñados tanto en producción como en la calidad, los equipos han venido sufriendo un deterioro avanzado lo que genera bajas en todo el proceso de manufactura de los productos comercializados, esto ocasiona retrasos y molestias en los clientes finales, y la pérdida de posibles nuevos negocios.

Actualmente manejan el mantenimiento de forma correctiva, es decir se intervienen los equipos solo cuando este presenta una falla, ya sea que se detenga totalmente o que el equipo quede funcionando de forma intermitente, lo que conlleva a que se paralice el área de producción, todo esto implica pérdidas económicas, tanto como en repuestos, manos de obra, insumos y en ventas.

6.2. Tipos de mantenimiento.

Existen varios tipos de mantenimiento, con diferentes conceptos dependiendo el área y los profesionales, a continuación, se describen los más usuales.

A continuación, definiremos entre algunos, los tipos de mantenimiento más comunes, los cuales son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo, este último es el tipo de

mantenimiento que se desea implementar en este trabajo, ya se considera la opción más viable para la compañía, teniendo en cuenta el historial de costos que se generan en cuanto a la producción y calidad de los productos.

6.2.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo lo podemos definir como el conjunto de acciones aplicadas a un equipo o bien inmueble luego de ocurrida la falla, son todas las tareas o actividades realizadas por el personal técnico una vez se evidencia una anomalía o mal funcionamiento del equipo, que por lo general implica la parada por un tiempo determinado del activo.

En la compañía este tipo de mantenimiento, logra que los equipos funcionen pero no de una forma óptima, ya que las fallas imprevistas y extensas cada vez son más recurrentes, no se tiene un debido control de las actividades que se realizan, ni se tienen rutinas de mantenimiento programadas, esto junto con la falta de formación del personal técnico del mantenimiento, son factores que claramente obstaculizan el éxito de la compañía, por tal motivo se hace imperativo realizar un cambio en esta política de la manera más acertada, por eso se realiza este estudio.

6.2.2. Mantenimiento preventivo.

Son el conjunto de actividades planificadas, controladas y enfocadas en mantener en servicio un equipo antes de que ocurra una falla, basándose en una programación de tareas del personal técnico con el objetivo de garantizar la correcta operación de los activos sin afectar la producción, el mantenimiento preventivo permite tener control sobre los tiempos de las inspecciones, de estas depende el éxito del mantenimiento, ya que si se extiende mucho las intervenciones pueden aparecer fallos imprevistos que se convertirían en mantenimiento correctivos.

Consideramos que esta es la opción más viable para implementar en la compañía, luego de analizar de manera exhaustiva las ventajas y desventajas que estos aportan, Estudiando la situación del mantenimiento en las compañías del entorno y la situación actual de la compañía en estudio, observamos que las que ya tienen implementado el mantenimiento preventivo obtuvieron resultados satisfactorios que se evidencian en la producción y en las finanzas de las compañías, estas crecieron más logrando expandir su mercado y llegar a otros tipos de industrias, posicionándose en un nivel más competitivo, que es a donde se quiere llegar con la implementación del plan mantenimiento preventivo en la empresa industria metalmecánica de la sabana de Bogotá.

6.3. Historia del mantenimiento.

Con el paso de años y llegada de las nuevas tecnologías se han venido desarrollando distintas formas o métodos para la correcta gestión y control del mantenimiento de los activos, cada metodología depende de las necesidades de cada compañía, debido al mercado cambiante y cada vez más globalizados las empresas se han visto en la obligados a realizar cambios en su estructura y adaptarse a dichos cambios y uno de ellos es la forma que se mira el área de mantenimiento, ya que actualmente se considera una factor fundamental para el éxito de una compañía.

Según Aguilar L. & Rodríguez H. (2014), la evolución del mantenimiento se divide en cuatro generaciones importantes:

- Entre el 1914 y 1945: En esta generación se consideraba el mantenimiento solo como realizar acciones correctivas, es decir solo se intervenía la maquina cuando esta presentaba una avería.

- Entre 1945 y 1980: Durante esta segunda generación del mantenimiento se implementan las estrategias preventivas, lo que trae consigo la necesidad de capacitación del personal para identificar y analizar las tareas de mantenimiento pertinentes para evitar fallas futuras.
- Entre 1980 y 1990: En la tercera generación se empieza tratar el tema del mantenimiento predictivo y la innovación de la planeación de mantenimiento, teniendo como ayuda la utilización de sistemas computarizados y la creación de software cada vez más sofisticados para el monitoreo de los indicadores de gestión del mantenimiento.
- Desde 1990 en adelante: La generación actual implementan sistemas con tecnología de punta para garantizar la ejecución y mejora continua de los planes de mantenimiento. Además, se establecen grupos de mejora y seguimiento en las acciones, mediante el análisis de datos.

6.4. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.

6.4.1. Ventajas de la implementación del mantenimiento preventivo.

A continuación, se definen las principales ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Aumenta la productividad y la calidad en los procesos.
- Reducción de costos por fallos imprevistos de los equipos.
- Se extiende la vida útil de todos los equipos.
- Genera confianza en el personal de operación.
- Se reducen las horas extras del personal técnico.
- Se mantiene un stock de repuestos adecuado sin incrementar los costos.
- Control de las tareas e intervenciones realizadas a los equipos.
- Permite generar un presupuesto de mantenimiento.

- Se tiene la necesidad de capacitar constantemente al personal involucrado en el área de mantenimiento.

6.4.2. Desventajas del mantenimiento preventivo.

Una de las principales desventajas sería el costo de la inversión para implementarlo, al no llevar un elemento o sistema a falla se podría estar desaprovechando en algo la vida útil de dicho elemento.

6.5. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.

6.5.1. Ventajas del mantenimiento correctivo.

- La ventaja más notoria para el mantenimiento preventivo es que este no genera gastos fijos.
- Al llevar las piezas a falla se aprovecha en totalidad su vida útil.
- No requiere intervenciones periódicas ni programadas por lo que el personal puede invertir tiempo en otras labores.
- La implementación no requiere una inversión de alto costo, es económico si los equipos no afectan en gran medida la producción en la compañía.

6.5.2. Desventajas del mantenimiento correctivo.

- Aumento de tiempos muertos por paradas imprevistas de los equipos.
- La capacidad de producción y la calidad de los mecanizados se pueden ver afectadas.
- Al ocurrir una falla puede ocasionar también un accidente leve o grave.
- Desperdicio de materia prima.
- Personal no cualificado.
- Genera incertidumbre en el personal de producción.

- No se tiene control sobre el stock de repuestos, indisponibilidad de repuestos.
- Al fallar una pieza puede afectar a otra, haciendo que la reparación resulte más costosa.
- Horas extras de los técnicos.
- Deterioro acelerado de los activos.
- Las fallas pueden ser recurrentes.
- Observamos que la mejor opción y la posible solución para la compañía, es que empiece a manejar el mantenimiento de forma preventiva, poniendo en la teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los 2 tipos de mantenimiento visiblemente, el preventivo será mucho más beneficioso, para las finanzas, para los activos, para el personal técnico y sobre todo para la seguridad de los operarios y todo el personal en general.

Esta metodología es una de las principales herramientas del mantenimiento centrado en confiabilidad, es esencial para la optimización de un plan de mantenimiento de activos, ya que permite identificar de manera eficaz los problemas o posibles fallas antes de que el equipo o activo sea afectado por esta, se centra en el análisis de cada sistema de manera independiente, posteriormente profundizando en cada componente y elementos del sistema, para finalmente encontrar el modo de falla de cada sistema, está enfocado no solo en la operación de cada equipo sino también en los sistemas y subsistema individualmente, lo que permite un mejor análisis.

El método AMEF busca identificar la falla para tener un plan de acción para lograr reducir la posibilidad de parada y la interrupción de la operación, o pérdida de calidad.

Es un método que está encaminado en el aseguramiento de la Calidad, que, mediante el análisis sistemático de datos, permite a identificar y poder tomar una acción a tiempo para prevenir los modos de falla, tanto de un producto o un servicio, evaluando la gravedad, ocurrencia podemos

dar un valor en cuanto a la Prioridad de Riesgo, para determinar las actividades que se deben realizar con prioridad para evitar que ocurra una falla. (Carrión, s. f.)

Los objetivos principales de la metodología AMEF son:

- Identificar y evaluar los modos y las causas de las fallas latentes en el diseño y fabricación de un producto.
- Establecer los efectos de una falla potencial en el correcto funcionamiento de un componente o sistema.
- Identificar las acciones requeridas para lograr eliminar o reducir la probabilidad de que de la ocurrencia de una falla.
- Realizar análisis de confiabilidad y disponibilidad de los activos.
- Documentar el proceso y mantener de manera clara y organizada la información.
- La satisfacción de los clientes, de los empleados y proveedores.
- Determinar los modos de falla que pueden tener consecuencias más graves, en cuanto a disponibilidad, seguridad, calidad de los productos, costos y tiempos.
- Cada modo de falla puede tener un método diferente para su detección y diferente procedimiento para su solución.

Fallas Funcionales:

La falla funcional es la avería imprevista que puede ocurrir en el momento en que el equipo este trabajando, lo que conlleva a que dicho equipo no pueda cumplir a cabalidad con su función principal y no pueda ser operado al 100%, para determinar la gravedad de una falla funcional debemos identificar las consecuencias que puede generar al momento de la operación, ya que puede ser una falla leve o una falla de mayor gravedad que implique que el equipo funcione intermitentemente o una parada total.

Modos de Fallas:

Son las causas que dan origen a la falla funcional. Al realizar el análisis de modo de falla se logra organizar de manera coherente las actividades concernientes a las labores de mantenimiento y organizar de forma adecuada el personal encargado, para solucionar la falla encontrada, en los registros de mantenimiento se debe identificar las posibles causas que llevaron a la ocurrencia de la falla. (Medina, s. f.)

Criticidad:

El concepto de criticidad de los activos se basa en la definición del nivel de complejidad e importancia de cada equipo presente en una línea producción. El objetivo principal, es definir que maquinaria o sistema debe tener prioridad a la hora de ser intervenido en el caso de que se presenta una situación de emergencia o parada imprevista, y también para disponer de los recursos para el mantenimiento.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Tabla 1. Matriz de criticidad:

NC: No crítico.

MC: Medianamente crítico:

C: Crítico.

6.7. Indicadores de mantenimiento.

Los indicadores de mantenimiento son herramientas que se usan para medir y controlar la eficiencia del área de mantenimiento, con el objetivo de lograr alcanzar las metas propuestas previamente, como la reducción del tiempo de inactividad, prolongar la vida útil de los equipos y la reducción de costos de operación y mantenimiento.

Es la forma de garantizar que se cumpla con una meta la cual debe ser alcanzable, clara y medible.

Los indicadores más comunes para la medición y control del mantenimiento son fiabilidad, disponibilidad y costo del mantenimiento.

Fiabilidad.

Es la probabilidad que existe de que un equipo, mecanismo o sistema se mantenga en correcta operación durante cierto tiempo, todo bajo condiciones en las que se opera normalmente, sin presentar ningún tipo de avería.

Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo se define como el tiempo que esté operativo para cumplir con la función para la cual fue diseñado es decir el tiempo en que puede producir.

$$MTBF = \textit{Tiempo operativo} / \textit{Tiempo neto disponible}.$$

$$\textit{Tiempo operativo} = \textit{Tiempo Neto Disponible} - \textit{Tiempos de Paro en Línea}$$

$$\textit{Tiempo neto disponible}$$

$$= \textit{Tiempo Total Programado} + \textit{Tiempo de Paro Programado}.$$

MTBF Tiempo Medio entre Fallas:

Hace referencia al Tiempo medio entre fallas y nos permite conocer que tan frecuentes se presentan las averías en los equipos.

$$MTBF = N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo del tiempo analizado} / \text{Horas totales.}$$

MTTR Tiempo Medio entre Reparaciones:

Mediante este indicador podemos evaluar que tan efectivo es el área mantenimiento al momento de realizar una intervención o reparación en un equipo, al lograr bajar el índice de MTTR reducen los tiempos de parada del equipo.

$$" MTTR = \text{Tiempo invertido en reparaciones} / \# \text{Total de reparaciones.} "$$

Costo de Mantenimiento por Facturación:

Este indicador nos da a conocer el costo que tiene que disponer la compañía en las labores de mantenimiento, con el fin de aprovechar todos los recursos disponibles, analizando el resultado de este indicador podemos definir acciones para replantear las estrategias de mantenimiento y planes de mejora y optimización de los procesos y recursos necesarios para el mantenimiento.

$$MTBF = N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo del tiempo analizado} / \text{Horas totales.}$$

(Trabajo de grado.pdf, s. f.)

6.8. Marco normativo.

6.8.1 Norma ISO 9000.

La familia de normas ISO 9000 son un conjunto de normas internacionales las cuales están enfocadas en los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). Estas normas fueron creadas en alrededor del año 1987, su elaboración estuvo a cargo del Comité Técnico ISO/TC176 con el

propósito de establecer los requisitos básicos para ejecutar programas y planes de gestión de la calidad,

- ISO 9000 del 2015 Fundamentos y vocabulario: esta norma brinda los lineamientos, definiciones y terminología de los Sistemas de Gestión de la Calidad.
- ISO 9001 del 2015 Requisitos: esta norma dicta los requisitos mínimos que debe cumplir cualquier organización para obtener la certificación en gestión de calidad.
- ISO 9004 del 2018 Se enfoca en las directrices para la mejora continua del desempeño: nos brinda una serie de pautas y guías para mejorar el desempeño del Sistema de Gestión de Calidad.

6.8.2. Norma ISO 55000

El conjunto de normas ISO 55000 son un documento internacional en el cual da las pautas y métodos para realizar un sistema de gestión de activos. Para nuestro caso será aplicado al mantenimiento de la compañía metalmecánica, la norma ISO se divide en las siguientes normas:

- ISO 55000:2014 Particularidades, fines y terminología: en esta norma en específico se dan los términos para un sistema de gestión de activos y los aspectos fundamentales y principios básicos que se desarrollan en toda la familia de normas ISO 55000.
- ISO 55001:2014 Sistemas de gestión de activos y sus requisitos: esta norma engloba todos los requisitos necesarios y que se deben verificar para que cualquier organización pueda implementar y cumplir los objetivos del sistema de gestión de activos, específica que cualquier compañía independientemente del entorno o tipo negocio puede diseñar e implementar su plan de gestión de activos sin importar el orden de los requisitos.
- ISO 55002:2014: Sistemas de gestión de activos – lineamientos para la aplicación de la norma ISO 55001: esta norma nos explica los procedimientos y el cómo se debe realizar

el proceso de implementación y el diseño del sistema de gestión de activos teniendo presente que se deben cumplir los requisitos de la norma ISO 55001:2014.

6.8.3. Norma ISO 14224.

Esta Norma es un documento internacional en la cual da las pautas para la recopilación de datos de Confiabilidad y Mantenimiento mediante formatos estándar, su enfoque principal son las áreas de perforación, refinación, transporte de petróleo y gas natural y áreas de producción, pero sin limitarse a otras áreas de la industria o actividades.

Brinda definiciones en el mantenimiento por RCM. La cual Presenta unas directrices para la recopilación y el aseguramiento de la calidad, teniendo en cuenta estos datos se puede realizar el análisis cuantitativo, por indicadores de la Confiabilidad de Equipos y poder gestionar un mejor uso de recursos de los activos.

La norma parte de los objetivos principales del mantenimiento del RCM como lo son algunos:

- Especificar qué datos son necesario recolectar para el análisis
- Garantizar la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de los activos.
- Costo del Ciclo de Vida útil de un activo.
- La ejecución del mantenimiento y mejora continua.

Además, nos da pautas de cómo se puede dividir los activos en una jerarquía de mayor a menor o según la complejidad o la importancia en determinada área.

Para el desarrollo del proyecto actual serán utilizados algunas pautas y conceptos que nos brinda la norma para encontrar la mejor opción para la propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa metalmecánica en la sabana de Bogotá.

6.8.4. Estándar SAE-JA 1011/1012.

SAE-JA-1011 Esta norma da los lineamientos y constituye los criterios mínimos para cumplir una metodología para el proceso de implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

SAE-JA-1012 esta norma se toma como guía para la aplicación correcta de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

En estas normas específica, que para el proceso de RCM se debe plantear unas preguntas puntuales, las más adecuadas y específicas para desarrollar el proceso de RCM.

- ¿Qué funciones cumple el activo con respecto a su operación?
- ¿Qué modos de falla pueden presentarse cumpliendo sus funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué consecuencias trae consigo una falla funcional?
- ¿De qué manera se ve afectada la operación por cada falla?
- ¿Qué acciones se deben tomar para prevenir cada falla?
- ¿Qué hacer cuando un equipo queda inoperativo?

7. MARCO METODOLÓGICO.

7.1. Tipo de investigación.

En el este proyecto se analizan los métodos y beneficios que surgen de la propuesta de un mantenimiento preventivo acorde a las necesidades de la compañía, con el fin de mejorar todos los procesos de inspección e intervención de los diferentes activos, debido a que la compañía no tiene plan de mantenimiento eficaz y a que actualmente la política que se tiene es el mantenimiento correctivo, la propuesta se realiza desde cero, para iniciar se definen los activos con los que se cuentan, se realiza un inventario para determinar que equipos se encuentran funcionales y cuales son útiles para que la compañía cumpla su misión principal.

Teniendo en cuenta que para el desarrollo del proyecto se van a tomar y analizar datos de los equipos, describiendo funcionamiento y tipo de actividades para luego determinar la propuesta de mantenimiento más acorde, podemos decir que la investigación es descriptiva - documental.

7.2. Fuentes de recolección de la información.

Teniendo en cuenta el tipo de investigación, la recolección de los datos se divide fuentes primarias y secundarias.

7.2.1. Fuentes primarias.

Los datos son obtenidos directamente de la compañía, hojas de vida de los equipos, si se tienen, fallas recurrentes, horas de trabajo, la información se puede obtener por parte de los operarios, y personal de mantenimiento.

7.2.2. Fuentes secundarias.

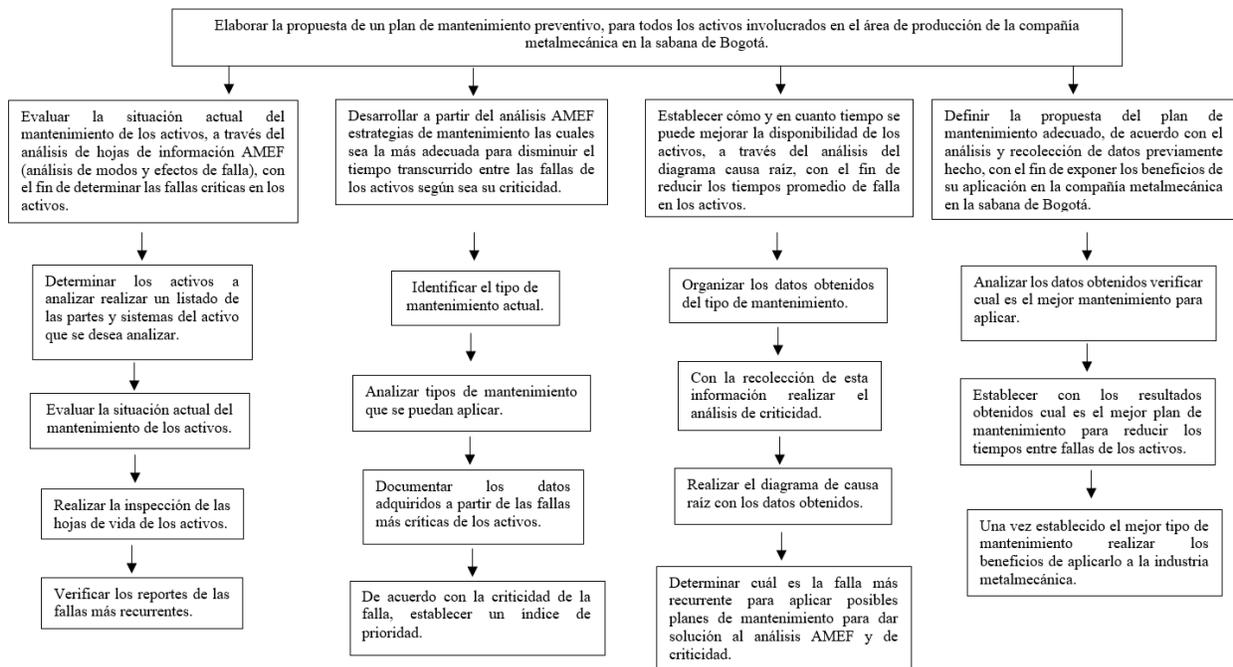
Datos obtenidos de los textos y proyectos de investigación relacionados con el proyecto, manuales de usuario y de mantenimiento de los equipos.

7.3. Herramientas utilizadas.

El primer paso es seleccionar y realizar en la taxonomía de los equipos, establecer cuáles serán los indicadores de disponibilidad de los activos, realizar reuniones con operadores y personal de mantenimiento para obtener datos relevantes respecto al estado real de los equipos.

El segundo paso es definir las áreas de la compañía, en donde a su vez se definen que área es la encargada de cada uno de los equipos, en cuanto a su uso en los procesos y para el mantenimiento, se deben establecer los roles de cada equipo de trabajo e individualmente, para delegar funciones de cada uno de los actores involucrados y asignar la responsabilidad de cada uno en cada proceso.

7.4. WBS (Work Breakdown Structure)



8. DESARROLLO METODOLÓGICO.

Se realiza una lista de repuestos esenciales para mantener la operatividad de los equipos, analizando las fallas encontradas y posibles fallas futuras, clasificándolos, dependiendo de sus características y si se puede obtener de manera local o importado, analizando tiempos de entrega y costos de estos, para luego poder definir un presupuesto para el mantenimiento de cada uno de los activos.

Para garantizar la efectividad de la nueva metodología de mantenimiento, se tendrán en cuenta los principales fundamentos para el mantenimiento preventivo como la limpieza, inspección, lubricación y ajustes (LILA), capacitaciones continuas con enfoque a la identificación de fallas, diagnóstico y reparaciones asertivas para el personal de mantenimiento.

Para administrar y controlar todos los datos recopilados, es necesario tener un software de mantenimiento que nos permita llevar control de todas las actividades, tiempos, repuestos, personal técnico, proveedores y medir los avances, para poder realizar planes y rutinas de mantenimiento, mantener un stock de repuestos adecuado, sin incurrir en gastos innecesarios, se dará capacitación al personal para que se ingresen todos los datos adecuadamente en el sistema para evitar errores.

El principal objetivo al cual se quiere llegar con esta implementación, es el de reducir los costos de mantenimiento, que esta área sea vista no como un centro de gastos si no como un área rentable para la compañía, ya que tiene como fin preservar la vida económica de los equipos, que son los encargados de producir los productos que generan ingresos a la compañía, reducir los tiempos de parada por fallas imprevistas de los equipos con los mantenimientos preventivos evita que en la empresa se generen pérdidas por baja producción y mala calidad.

8.1. Lista de actividades. (WBS).

En la siguiente tabla se muestran todas las actividades propuestas de manera secuencial, ya que algunas de estas no pueden ser realizadas sin que se haya efectuado la actividad predecesora.

ACTIVIDADES		PREDECESOR DE ACTIVIDAD	DURACION EN DIAS
1	Evaluar la situación actual del mantenimiento de los activos, a través del análisis de hojas de información AMEF (análisis de modos y efectos de falla), con el fin de determinar las fallas críticas en los activos.		8
1,1	Determinar los activos a analizar realizar un listado de las partes y sistemas del activo que se desea analizar		1
1,1,1	Determinar los activos a analizar realizar un listado de las partes y sistemas del activo que se desea analizar	1,1-1,1,1	2
1,1,2	Evaluar la situación actual del mantenimiento de los activos	1,1,1-1,1,2	1
1,1,3	Realizar la inspección de las hojas de vida de los activos	1,1,2-1,1,3	1
1,1,4	Verificar los reportes de las fallas más recurrentes	1,1,3-1,1,4	3
1,2	Desarrollar a partir del análisis AMEF estrategias de mantenimiento las cuales sea la más adecuada para disminuir el tiempo transcurrido entre las fallas de los activos según sea su criticidad.		7
1,2,1	Identificar el tipo de mantenimiento actual	1,2-1,2,1	1
1,2,2	Analizar tipos de mantenimiento que se puedan aplicar	1,2,1-1,2,2	2
1,2,3	Documentar los datos adquiridos a partir de las fallas más críticas de los activos	1,2,2-1,2,3	3
1,2,4	De acuerdo con la criticidad de la falla, establecer un índice de prioridad	1,2,3-1,2,4	1
1,3	Establecer cómo y en cuanto tiempo se puede mejorar la disponibilidad de los activos, a través del análisis del diagrama causa raíz, con el fin de reducir los tiempos promedio de falla en los activos.		8
1,3,1	Organizar los datos obtenidos del tipo de mantenimiento	1,3-1,3,1	2
1,3,2	Con la recolección de esta información realizar el análisis de criticidad	1,3,1-1,3,2	2
1,3,3	Realizar el diagrama de causa raíz con los datos obtenidos	1,3,2-1,3,3	3
1,3,4	Determinar cuál es la falla más recurrente para aplicar posibles planes de mantenimiento para dar solución al análisis AMEF y de criticidad	1,3,3-1,3,4	1
1,4	Definir la propuesta del plan de mantenimiento adecuado, de acuerdo con el análisis y recolección de datos previamente hecho, con el fin de exponer los beneficios de su aplicación en la compañía metalmecánica en la sabana de Bogotá.		4
1,4,1	Analizar los datos obtenidos verificar cual es el mejor mantenimiento para aplicar	1,4-1,4,1	2
1,4,2	Establecer con los resultados obtenidos cual es el mejor plan de mantenimiento para reducir los tiempos entre fallas de los activos	1,4,1-1,4,2	1
1,4,3	Una vez establecido el mejor tipo de mantenimiento realizar los beneficios de aplicarlo a la industria metalmecánica.	1,4,2-1,4,3	1

Tabla 2. Secuencia de actividades.

9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

9.1. Analizar la situación actual del mantenimiento de los activos.

Este análisis se realiza a través de hojas de información AMEF (análisis de modos y efectos de falla), con el fin de determinar las fallas críticas en los activos.

9.1.1. Determinar los activos a analizar realizar un listado de las partes y sistemas del activo que se desea analizar.

El plan de mantenimiento preventivo tiene como enfoque principal los activos propios del área de producción de la compañía. Haciendo énfasis en los más críticos según la afectación que se generaría si alguno de estos llegara a presentar una falla imprevista.

A continuación, se muestran los activos y servicios clasificados por sus características y funciones, para la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

Ítem	ID. Activo	Denominación del activo	Cantidad	Centro de costo	Criticidad	Tipo de mtto.
1	2006134	Torno convencional eléctrico	2	CECO01	A	preventivo mecánico/eléctrico
2	2006143	Fresadora eléctrica	1	CECO01	A	preventivo mecánico/eléctrico
3	2006145	Dobladora mecánica	1	CECO01	B	preventivo mecánico
4	2006154	Cortadora mecánica	1	CECO01	C	correctivo mecánico
5	2006123	tronzadora eléctrica	5	CECO05	C	preventivo eléctrico
6	2006147	Equipo de soldadura Eléctrica y mig	4	CECO05	C	preventivo eléctrico
7	2006587	compresor	2	CECO05	C	preventivo eléctrico
8	2006234	Taladro de árbol	3	CECO01	C	preventivo mecánico/eléctrico
9	2006987	Red de servicio de energía	1	CECO04	C	preventivo eléctrico
10	2006584	Red de servicio de agua	1	CECO04	C	preventivo mecánico
11	2006590	Puente grúa	1	CECO04	C	preventivo mecánico
12	2006592	Taladro magnético.	3	CECO01	C	preventivo eléctrico.

Tabla 4. Listado de activos.

Equipo.	Marca.	Modelo.	Tipo.		
Torno.	Famot.	TUM 35D1	Paralelo.		
ID del activo.	2006134	Voltaje.	220 v	función	Mecanizado de piezas.
Criticidad.	A	Frecuencia	60 HZ	Insumos.	Aceite, refrigerante.
Distancia entre puntos.	Volteo sobre bancada		Husillo	Motor	
1 metro	380 mm		37 mm	7 hp.	

Tabla 5. Identificación del equipo.

A: Criticidad alta

B. Criticidad media.

C: Criticidad baja.

9.1.2. Evaluar la situación actual del mantenimiento de los activos.

Actualmente la compañía no tiene implementado un plan de mantenimiento, solo se realizan actividades correctivas a los equipos, lo que a lo largo del tiempo ha venido causando que los equipos presenten un deterioro cada vez más avanzado, esto acompañado del hecho de que algunos activos son antiguos y no se cuenta con cierta información como por ejemplo manuales de partes, de usuario y manual de servicio, debido a que en esta compañía se maneja la metodología del mantenimiento correctivo y que los equipos que presentan fallas recurrentes son los que generan el mayor trabajo en el área de producción, se deben intervenir rápidamente y al no tener plan de mantenimiento adecuado, tampoco se tiene con un stock de repuestos adecuado para suplir estas necesidades, por lo que en muchas ocasiones se utilizan refacciones de baja calidad u homologadas lo que acelera el deterioro y que las fallas vuelvan a suceder.

9.1.3. Realizar la inspección de las hojas de vida de los activos.

Como se mencionó anteriormente no se cuenta con información veraz acerca de los mantenimientos o intervenciones realizadas con anterioridad a los activos, por lo que se debió realizar el levantamiento de la información realizando inspecciones operativas y funcionales.

Para el torno se determinan de los modos de falla.

Análisis de modo y efecto de falla.							
Equipo	Componente.	Modo de falla.	Causa de la falla.	Efecto de la falla.	Acciones recomendadas.	Área encargada.	
TORNO.	Caja de velocidades.	No es posible realizar el cambio de la velocidad de	Desgaste y falla de los engranajes y ejes de la caja.	Demoras en la producción debido a velocidad no adecuada.	reemplazar componentes dañados, Realizar correctamente engrase de piezas y verificar	Mantenimiento.	
ID del activo.	2006134	Motor principal.	Pierde potencia.	Rodamientos y bobinado en mal estado.	No proporciona energía rotacional.	Realizar cambio de rodamientos, verificar bobinado y rebobinar el motor si es necesario.	Mantenimiento.
		Caja sistema eléctrico.	Presenta dificultad en el encendido.	Contactos sulfatados, componentes eléctricos en mal estado.	No se puede poner en marcha el equipo.	Verificación de cableado, fusibles y demás componentes eléctricos, reemplazar los componente que se encuentren en mal estado.	Mantenimiento.
Criticidad.	A	Palanca principal del cabezal.	Palanca se queda pegada.	Falta de lubricación.	No permite dar la dirección correcta al cabezal.	Limpieza y lubricación del sistema.	Mantenimiento.

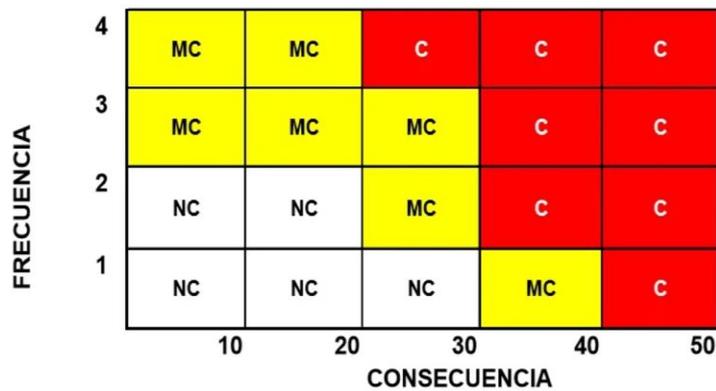
Tabla 6. Análisis de modos de falla equipo Torno.

9.1.4. Verificar los reportes de las fallas más recurrentes.

La frecuencia de la falla se mide mensualmente.

Equipo	Componente de la Falla	Frecuencia de falla	Impacto en logística	Impacto en el negocio	Posición matriz	Nivel de criticidad
TORNO	Caja de velocidades.	2	2	3	(2 - 3)	Criticidad media
	Motor principal.	5	2	4	(5 - 4)	Criticidad alta
	Caja sistema eléctrico	3	3	4	(3 - 4)	Criticidad alta
	Palanca principal del cabezal.	1	2	3	(1 - 3)	Criticidad media
	Bandas de cambio de revoluciones.	2	3	3	(2 - 3)	Criticidad media

Tabla 7. Fallas recurrentes equipo torno.



9.2. Análisis de modos y efectos de falla.

Desarrollar a partir del análisis AMEF estrategias de mantenimiento las cuales sea la más adecuada para mejorar el tiempo entre las fallas de los activos según sea su criticidad.

(Verificar el tipo de mantenimiento actual, analizar los tipos de mantenimientos que se puedan aplicar, identificar las funciones y requerimientos de los mantenimientos de los activos).

9.2.1. verificar el tipo de mantenimiento actual.

La compañía actualmente cuenta con mantenimiento correctivo el cual afecta mucho la producción, ya que se pierde mucho tiempo por paradas no programadas y esto conlleva a un uso de recursos que pueden ser minimizados si se aplican modelos y técnicas de mantenimiento diferentes al mantenimiento correctivo.

9.2.2. Estrategias de mantenimiento.

Luego de aplicar el análisis de modos y efectos de fallas de los activos de las empresas, se plantearon dos estrategias de mantenimiento que pueden ser los más adecuados a implementar, ya que reducen los tiempos por paradas imprevistas y aumenta la disponibilidad de los activos; Como lo son: TPM (mantenimiento total productivo) y CBM (mantenimiento predictivo o de condición).

Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo, es toda acción que busca realizar una corrección antes de que ocurra un daño en el equipo, consiste en realizar actividades programadas teniendo en cuenta varios aspectos, entre algunos los manuales de los fabricantes y hojas de vida de los equipos.

Ventajas:

- Seguridad: todos los activos e instalaciones donde se aplícala filosofía del mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se aprovecha mejor el tiempo y espacio, creando entornos más eficientes para el trabajador.
- Vida útil: Al mantener el equipo disponible mediante las intervenciones programadas, se alarga la vida útil, ya que un elemento que no se cambie a tiempo puede ocasionar daños a un sistema completo y que el equipo presente un deterioro más acelerado, con este

método se ha verificado que un activo puede tener una vida útil mucho mayor que la que tendría usando solo correctivos.

- Costo de las reparaciones: Se puede reducir el costo y el tiempo de reparaciones utilizando un mantenimiento preventivo.

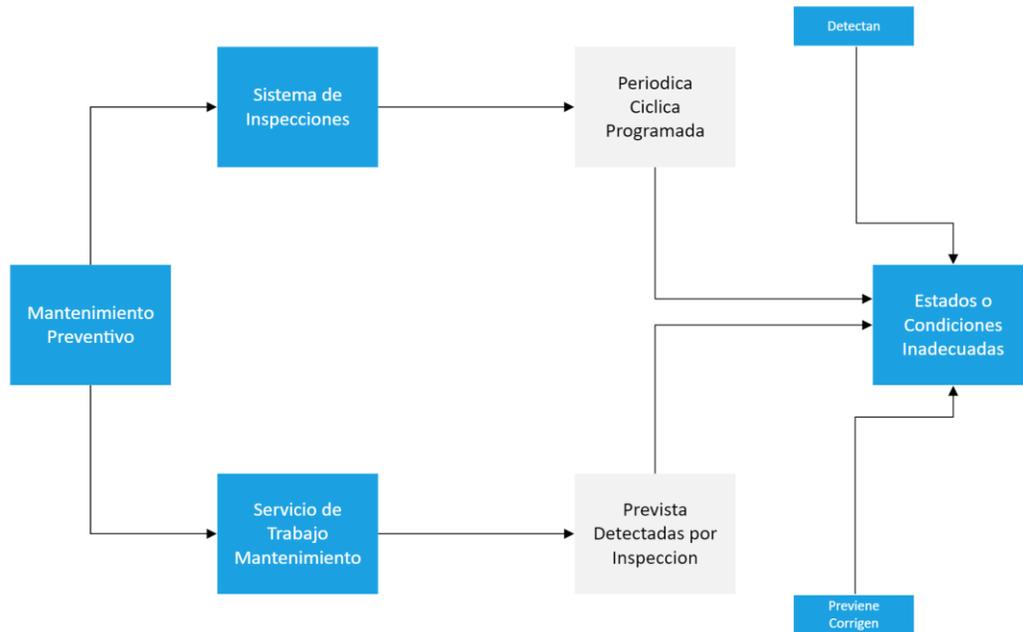


Tabla 8. Diagrama implementación del mantenimiento preventivo.

Mantenimiento predictivo:

El mantenimiento predictivo es acción de detectar una posible falla antes de que se materialice, mediante la utilización de equipos especiales y personal debidamente capacitado, para poder intervenir cualquier elemento afectado y realizar corrección necesaria a tiempo sin afectar en gran medida la producción, llevando un control de dichas intervenciones que pueden ser de forma periódica o continua.

Ventajas:

- Optimiza la gestión del personal encargado del mantenimiento.
- Permite llevar un control y tener conocimiento del historial de intervenciones anteriores, repuestos instalados y averías que pueden servir como base para el mantenimiento correctivo.
- Permite analizar más a fondo las averías y tomar acciones para que estas no se vuelvan a presentar.

COSTOS	Mtto PREVENTIVO	Mtto predictivo
Para implementar	Mediano	Alto
tipo de parada	Predefinidos	Minimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo y definidos	Consumo minimo

Tabla 9. Análisis de costos de las dos filosofías de mantenimiento:

Análisis de costos: este análisis es un factor muy importante de la evaluación de los resultados del plan de mantenimiento. Este análisis tiene como objetivo determinar el costo del mantenimiento de los activos del área de producción de la compañía metalmecánica implementando el plan de mantenimiento que más se ajusta a los requerimientos de la compañía y a su vez el de menor valor, teniendo en cuenta la relación de los costos de insumos, mano de obra, herramienta y procesos externos.

9.2.3 Funciones y requerimientos del mantenimiento de los activos más críticos.

Tomando como base a la información recolectada y las inspecciones hechas a los activos más críticos de producción, se hallaron fallas muy notorias en los mantenimientos que debieron ser ejecutados por los operadores antes de la puesta en marcha de los activos, lo más evidente de las fallas presentes era la ausencia total de mantenimientos predictivos y preventivos en sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos que compete todo el ciclo de producción.

En las tablas presentadas a continuación se puede observar el programa de mantenimiento más adecuado que se puede implementar en los activos más críticos del proceso de producción.

Programa de Mantenimiento Torno Convencional.								
Equipo		ID del activo	Área		Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta
Torno Convencional.		2006134	Dpto.. De Mantenimiento		Factibilidad Técnica			
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
Motor Principal	Pierde potencia	Rodamientos y bobinado en mal estado	No proporciona energía rotacional	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
Caja Sistema eléctrico	Presenta dificultad en el encendido	Contactos sulfatados y componentes eléctricos en mal estado	No se puede poner en marcha el equipo	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
Sistema manual	No funciona manivela del avance manual	Perno roto de la manivela	No se puede poner en modo manual el equipo	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
Palanca principal del cabezal	la palanca se queda pegada	falta de lubricación	No permite dar la dirección correcta al cabezal	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 10. Análisis programa de mantenimiento torno.

Programa de Mantenimiento Fresadora eléctrica.								
Equipo		ID del activo	Área	Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta	
Fresadora eléctrica.		2006143	Dpto.. De Mantenimiento	Factibilidad Técnica				
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
motor	Se quema el bobinado	Se excedió la corriente normal que puede soportar el bobinado	No proporciona energía rotacional	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
Bandas de cambio de revoluciones	Se revienta su sección longitudinal	Exceso de tensión y fatiga debido al exceso de trabajo	La transmisión de rotación hacia otros componentes es deficiente	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
Sistema automático	No funciona el sistema de avance automático	Las bancadas se encuentran atascadas	No se puede poner en modo automático el equipo	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 11. Análisis programa de mantenimiento fresadora eléctrica.

Programa de Mantenimiento Dobladora mecánica								
Equipo	ID del activo	Área	Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta		
DOBLADORA MECANICA	2006145	Dpto.. De Mantenimiento	Factibilidad Técnica			Estrategia de mantenimiento propuesta		
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
matriz de presión	Excesiva presión interna	Se excedió la fuerza de presión	No sujeta las piezas	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
matriz de doblado	Fatiga del material	esfuerzo repetitivo desgasta el material	no proporciona la fuerza para el doblado	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
matriz de deslizamiento	Se presenta juego entre las piezas	exceso esfuerzos en las piezas	pierde funcionalidad el activo	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
mandril	presenta desajuste	Con el tiempo y el uso continuo, los componentes del mandril pueden desgastarse	no se puede realizar el doble de las piezas	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 12. Análisis programa de mantenimiento dobladora mecánica.

Programa de Mantenimiento Cortadora mecánica								
Equipo		ID del activo	Área		Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta
Cortadora mecánica		2006154	Dpto.. De Mantenimiento		Factibilidad Técnica			
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
base	Fatiga del material	Golpes, impactos o mal uso pueden causar daños mecánicos	No sujeta las piezas	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
disco	Desgaste o daño mecánico:	Golpes, impactos o mal uso pueden causar daños mecánicos	no realiza cortes con precisión	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
regulador de corte	Desgaste o daño mecánico:	Con el tiempo, los componentes mecánicos del regulador pueden desgastarse o sufrir daños, como desalineación	pierde alineación para realizar cortes precisos	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
anillo disco	Corrosión	En ambientes corrosivos	debilita su estructura y reduce su vida útil	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
recorrido carro	Se presenta juego entre las piezas	exceso esfuerzos en las piezas	pierde funcionalidad	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 13. Análisis programa de mantenimiento cortadora mecánica.

Programa de Mantenimiento tronadora eléctrica								
Equipo		ID del activo	Área		Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta
tronadora eléctrica		2006123	Dpto.. De Mantenimiento		Factibilidad Técnica			
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
guía para cortes	Desalineación: Si la guía no está correctamente alineada con la hoja de corte	ajuste inadecuado de la guía, desgaste en los componentes de ajuste	La inestabilidad puede ser causada por una fijación deficiente, piezas desgastadas	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
brazo vertical	Problemas de ajuste o bloqueo	fallas en los mecanismos de ajuste o bloqueo que permiten su posición fija	no se mantiene en su posición deseada, lo que afecta su funcionalidad y puede provocar inseguridad durante su uso	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
prensa de tornillo	Desgaste del tornillo	desgastarse debido al uso continuo y repetido	pérdida de capacidad de sujeción y una reducción de la fuerza que puede aplicarse.	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
interruptor	Fallo en los contactos	Los contactos eléctricos dentro del interruptor pueden desgastarse, corroerse o ensuciarse	Conexión intermitente o inestable. Esto puede resultar en una falta de continuidad eléctrica	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 14. Análisis programa de mantenimiento tronadora eléctrica.

Programa de Mantenimiento Equipo de soldadura Eléctrica y mig								
Equipo	ID del activo	Área	Realizo					
Equipo de soldadura Eléctrica y mig	2006147	Dpto.. De Mantenimiento	Factibilidad Técnica			Estrategia de mantenimiento propuesta		
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
Cable principal del electrodo	Sobrecalentamiento	Corriente eléctrica que fluye a través del cable principal del electrodo excede su capacidad nominal	resulta en deformación, derretimiento de la cubierta aislante o incluso un cortocircuito	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
máquina de soldar	Fallo en la generación de corriente	no genera la corriente eléctrica necesaria para el proceso de soldadura	No se puede usar el equipo	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
pistola para soldar	Desgaste de las boquillas o puntas	desgaste con el uso continuo, lo que puede afectar la concentración y el flujo del calor durante el proceso de soldadura	soldaduras inconsistentes o de baja calidad.	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
control de encendido y apagado	Fallas en los componentes electrónicos	problemas de conexión, sobrecargas eléctricas, desgaste o daño en los componentes	mal funcionamiento eléctrico	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
cordón lineal	Desgaste de la cubierta	fricción, la exposición a elementos ambientales, el uso continuo o el contacto con objetos afilados.	riesgo de daños en los conductores internos o exposición a cortocircuitos	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 15. Análisis programa de mantenimiento equipo de soldadura eléctrica mig.

Programa de Mantenimiento compresor								
Equipo	ID del activo	Área			Realizo			
compresor	2006587	Dpto. De Mantenimiento			Factibilidad Técnica			Estrategia de mantenimiento propuesta
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
motor	Desgaste o falla en los cojinetes	desgastarse debido al uso continuo, la falta de lubricación o condiciones de operación severas	ruidos anormales, vibraciones y una disminución en el rendimiento del motor	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
deposito	Fugas	cuerpo del depósito debido a grietas o perforaciones	capacidad del depósito para mantener la presión de aire comprimido y pueden provocar una pérdida de eficiencia del sistema neumático	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
regulador de presión	Regulación inadecuada de la presión	debido a desgaste o golpes	fluctuaciones de presión indeseadas en el sistema afectando la seguridad	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
manómetro	Pérdida de estanqueidad	desgastadas, conexiones sueltas o daños en los componentes de sellado	perdida de presión	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
válvula de seguridad	Fugas de sellado	desgaste por sobre presiones	fugas a través de los sellos de la válvula, lo que afecta la capacidad de la válvula para retener la presión	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 16. Análisis programa de mantenimiento compresor.

Programa de Mantenimiento Taladro de árbol								
Equipo	ID del activo	Área			Realizo			Estrategia de mantenimiento propuesta
Taladro de árbol	2006234	Dpto.. De Mantenimiento			Factibilidad Técnica			
Componente	Modo de Falla	Causa de falla	Efecto de falla	Criticidad	M.C.	M.P	M.C.P.	
motor	Problemas en el sistema de alimentación eléctrica	picos de voltaje o cortes de energía	interrupción repentina en el funcionamiento del motor	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
cabezal	Problemas de ajuste o bloqueo	fallas en los mecanismos de ajuste o bloqueo que permiten su posición fija	no se mantiene en su posición deseada, lo que afecta su funcionalidad y puede provocar inseguridad durante su uso	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
mandril	Problemas de lubricación	exceso de trabajo al utilizarlo	desajuste y un agarre deficiente de la pieza de trabajo	A		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
tornillo de fijación vertical	Deformación o fractura	carga excesiva o condiciones de funcionamiento adversas	dificultad de fijar las piezas	C		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo
mecanismo de velocidad	Rotura de ejes o componentes estructurales	cargas excesivas, vibraciones severas o defectos de fabricación	pérdida de sincronización en los movimientos de velocidad	B		X		Tarea programada de mantenimiento preventivo

Tabla 17. Análisis programa de mantenimiento taladro de árbol.

En el transcurso del desarrollo de los requerimientos de mantenimiento se tuvieron en cuenta las alternabas más utilizadas en mantenimiento que son mantenimiento correctivo (M.C), mantenimiento preventivo (M.P) y mantenimiento predictivo (C.B.M). Se tuvieron en cuenta estas alternativas ya que están muy comprometidas con el medio ambiente y la seguridad, dando como prioridad al mantenimiento preventivo ya que es el que se ajusta a nuestra propuesta, teniendo en cuenta estos criterios, la elaboración de las actividades de mantenimiento tanto en su planeación como ejecución nos garantiza que no se pone en riesgo la integridad del personal de mantenimiento.

9.3. Análisis causa raíz.

Establecer cómo y en cuanto tiempo se puede mejorar la disponibilidad de los activos, por medio de análisis del diagrama causa raíz, análisis por comparación con diferentes planes de mantenimiento en industrias similares y datos obtenidos, con el fin de reducir los tiempos promedio de falla en los activos.

Análisis de fallas a través del diagrama causa raíz.

Torno: - Motor principal.

- Caja sistema eléctrico.
- Sistema manual.
- Palanca principal del cabezal
- Sistema manual
- Freno de pedal
- Caja Norton.

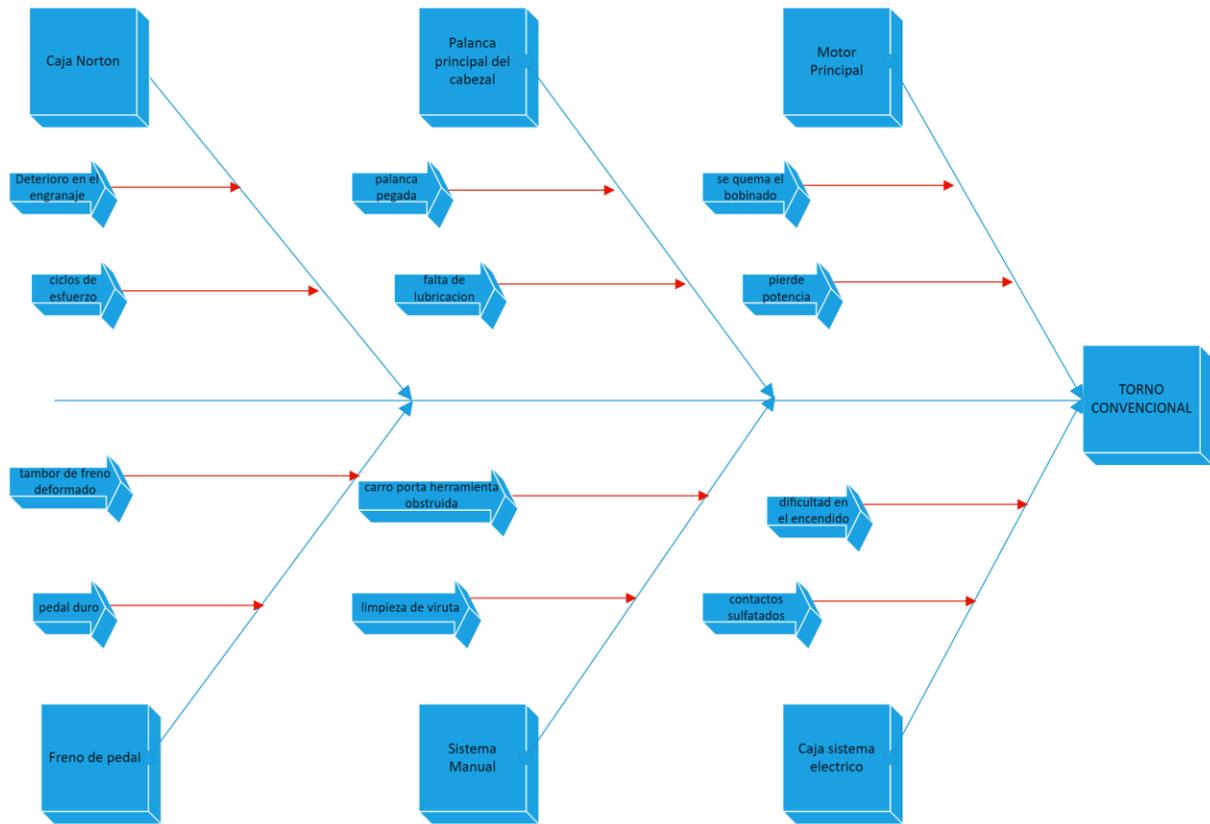


Tabla 18. Análisis de fallas a través del diagrama causa raíz torno.

Fresadora Eléctrica: - Motor

- Bandas de cambio de revoluciones

- Sistema automático

- Bandas de cambio de revoluciones

- Sistema de refrigeración.

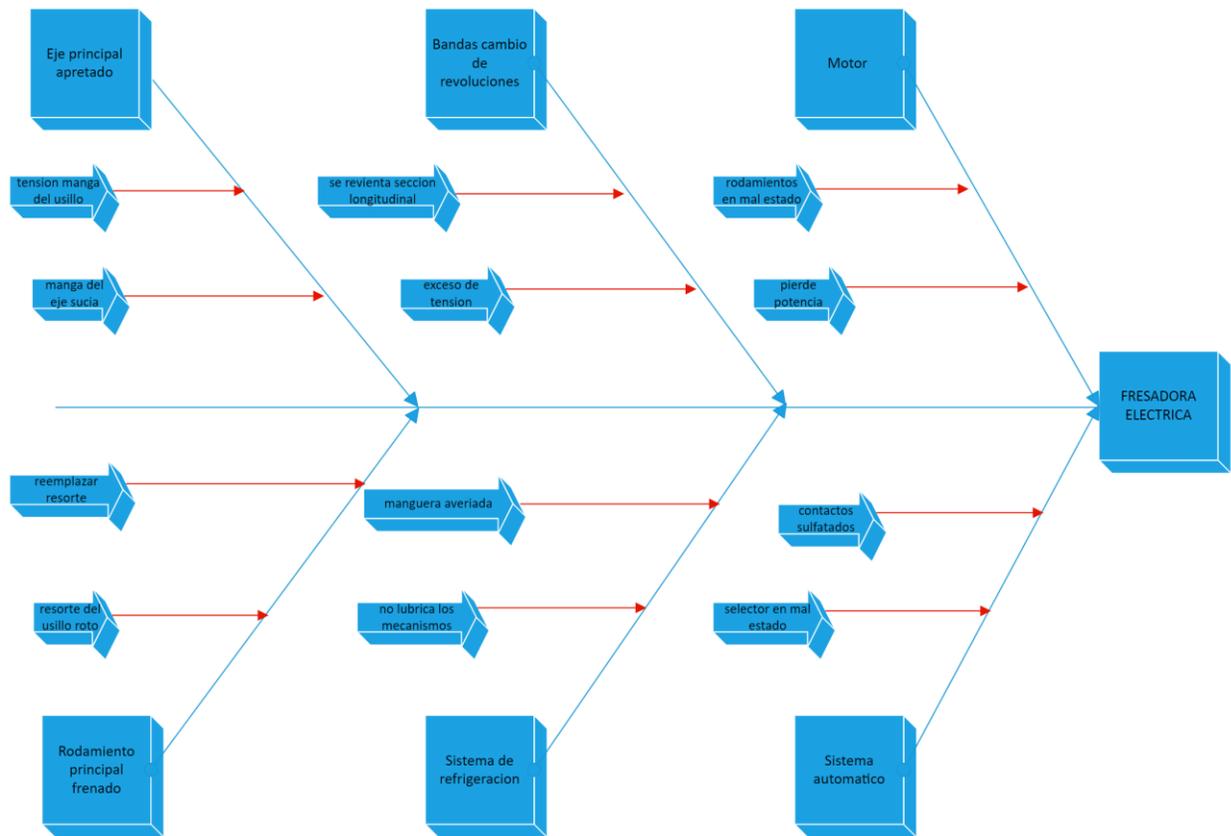


Tabla 19. Análisis de fallas a través del diagrama causa raíz, fresadora.

La estructura de un plan basado en AMEF nos entregara la información sistemática y concisa estableciendo las posibles fallas de cada activo, la causa, su impacto operacional y el origen que causo la falla. Con esta implementación AMEF lo que se lograra será identificar las fallas antes de que ocurran y a su vez se aumentara la confiabilidad de los activos.

Una vez realizado este análisis causa – raíz, se va a continuar con la evaluación de las alternativas de mantenimiento que pueden ser utilizadas para mejorar la disponibilidad de los activos, se harán cálculos para establecer cómo y en cuanto tiempo se puede mejorar la disponibilidad de los activos. De acuerdo a este análisis al programar tareas de detección de fallas, aumentara el tiempo promedio entre fallas lo que conjuntamente con tareas de mantenimiento rutinario se espera que los activos presenten paros menores o nulos.

El beneficio económico se calcula teniendo en cuenta la diferencia entre las horas que toma reparar una maquina con el método actual vs el propuesto y multiplicando este resultado por el salario de un operador que gana por cada hora de trabajo en una jornada de 8 horas diarias. En la siguiente tabla se puede evidenciar la comparación entre los dos métodos.

Maquina	Tiempo de la tarea de mantenimiento semanal (horas)		Ahorro	
	Actual	Esperada	Tiempo Horas	Económico \$
TORNO	18	8	10	60000
FRESADORA	12	6	6	36000
DOBLADORA MECÁNICA	18	7	11	66000
CORTADORA MECÁNICA	12	5	7	42000
TRONZADORA ELÉCTRICA	18	6	12	72000
EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA Y MIG	12	7	5	30000
COMPRESOR	24	8	16	96000
TALADRO DE ÁRBOL	18	7	11	66000

Tabla 20. Comparación de mantenimiento entre método actual y propuesto.

Activos de mayor criticidad.	Horas de operación diaria	Horas semanales	Total, horas de operación mes	Paradas no programadas día	Tiempo total de paradas no programadas al mes
TORNO	8	48	192	3H	72H
FRESADORA	8	48	192	2H	48H
DOBLADORA MECÁNICA	8	48	192	3H	72H
CORTADORA MECÁNICA	8	48	192	2H	48H
TRONZADORA ELÉCTRICA	8	48	192	3H	72H
EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA Y MIG	6	36	144	2H	48H
COMPRESOR	8	48	192	4H	96H
TALADRO DE ÁRBOL	7	42	168	3H	72H

Tabla 21. Comparación de mantenimiento en horas.

Activos Críticos:

Torno convencional.

$$\text{TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS} = MTBF = \frac{192h}{24f} = 48h$$

$$\text{TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION} = MTTR = \frac{72h}{24f} = 3h$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{48H}{48-3} = 3\%$$

Fresadora eléctrica.

$$\text{TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS} = MTBF = \frac{192h}{24f} = 8h$$

$$\text{TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION} = MTTR = \frac{48h}{24f} = 2h$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{8H}{8-2} = 1\%$$

Costo de la mano de obra.

Salario básico: 1'450.000

Horas semanales: 48h

Tiempo muerto semanal: 6h

M.O.D: 2'515.835

Tiempo efectivo semanal: 42h

Horas efectivas: 20*7

Tarifa de mano de obra: $2'515.835/140 = \$17.970$

Costo mano de obra: $17.970*15$ interrupciones de 3 horas

Costo mano de obra: \$269.550.

9.4. Propuesta de mantenimiento.

Según el análisis realizado a los datos obtenidos y los conocimientos adquiridos la mejor propuesta para la gestión del mantenimiento es realizar el mantenimiento preventivo programado y su revisión diaria para reducir costes por paradas de los equipos y horas de inoperatividad de los activos más críticos de la empresa de la sabana de Bogotá.

Esto sustentado en que el tiempo total de paradas no programadas al mes de los activos supera en gran forma las horas programadas de mantenimiento las cuales al realizar el mantenimiento de los activos no supera más de 4 horas promedio al mes en comparación con las 72 y 48 horas de paradas no programadas esto de los activos más críticos.

Por ello se da la propuesta que se realice el mantenimiento preventivo de los activos mediante los siguientes beneficios que ayudaran a la empresa en varios aspectos como lo son:

- Mayor disponibilidad de equipos: El mantenimiento preventivo nos ayuda a identificar e intervenir a tiempo fallas menores antes de que se conviertan en fallas mayores. Al

ejecutar inspecciones regulares, ajustes y reemplazos de componentes desgastados, se reducen las posibilidades de averías inesperadas y se garantiza la operatividad de los equipos. Esto se significa que mejora de la capacidad de producción y la eficiencia de la empresa.

- Reducción de costos de reparación: Al anticiparse a los posibles problemas y corregirlos en etapas tempranas, el mantenimiento preventivo ayuda a evitar reparaciones costosas y extensas.
- La detección y solución de fallas en sus etapas iniciales tiende a ser menos costosa que esperar a que ocurra una falla, que puede requerir reparaciones costosas y prolongadas, además de la posible pérdida de producción.
- Extiende la vida útil de los activos: El mantenimiento preventivo implica realizar acciones que preserven y protejan los equipos metalmecánicos. Esto incluye limpieza, lubricación, calibración y reemplazo regular de piezas desgastadas. Al realizar estas actividades de manera constante, se mejora la vida útil, lo que evita la necesidad de reemplazarlos con frecuencia y ahorra costos a largo plazo.
- Seguridad en el trabajo: El mantenimiento preventivo contribuye a generar sitios de trabajos más seguros y eficientes para los empleados de la industria metalmecánica. Al realizar inspecciones regulares, se identifican y corrigen condiciones potencialmente peligrosas antes de que causen accidentes o lesiones. Además, mantener los equipos en estado óptimo de operación reduce el riesgo de fallos que podrían poner en riesgo la integridad física de los operadores.
- Planificación y programación eficientes: Con la implementación del mantenimiento preventivo, se establecen rutinas y procedimientos regulares para el mantenimiento de los

equipos. Esto permite una planificación más eficiente de las tareas de mantenimiento, evitando interrupciones no planificadas en la producción.

- **Tiempo de inactividad reducido:** La ejecución de un plan de mantenimiento preventivo ayuda a reducir los tiempos de inactividad no planificado de la maquinaria. Al prevenir fallas y averías inesperadas, se evita la necesidad de interrumpir la producción para reparaciones de emergencia. Esto asegura una mayor disponibilidad de los activos, lo que a su vez aumenta la capacidad de producción y mejora la eficiencia operativa.
- **Mejora de la confiabilidad:** Al realizar intervenciones preventivas, se mejora la confiabilidad de los equipos metalmecánicos. Esto se logra al anticiparse a los problemas potenciales y realizar trabajos de tipo correctivo antes de que se conviertan en fallas de mayor gravedad. La confiabilidad mejorada de los activos significa que están disponibles y listos para su uso cuando se necesiten, lo que contribuye a una mayor disponibilidad y rendimiento para la industria metalmecánica.
- **Mayor vida útil de los activos:** La ventaja del mantenimiento preventivo es que implica la aplicación de acciones correctivas y preventivas, como lubricación, limpieza, calibración y reemplazo de piezas desgastadas. Estas actividades ayudan a preservar el ciclo de vida de los equipos metalmecánicos al reducir el desgaste y minimizar el impacto de las condiciones adversas de operación. Al prolongar el ciclo de vida los activos, se evita la necesidad de reemplazarlos con frecuencia, lo que ahorra costos y recursos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el avance del presente trabajo, hemos concluido que el desarrollo de esta propuesta de mantenimiento será de un buen beneficio y alto impacto en la industria de la metalmecánica, ya que será una propuesta eficiente y no elevará los costes de mantenimiento.
- A través de la metodología de Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), se pudo corroborar el estado del mantenimiento actual y los riesgos latentes ya sea en los motores principales, caja de velocidades o sistemas mecánicos previniendo una falla crítica más adelante y evitando de esta manera un daño más grave y un costo más elevado en la reparación.
- La implementación la taxonomía, la clasificación de los equipos, un análisis de criticidad y el AMEF a los activos, nos permitió determinar y priorizar tareas de mantenimientos preventivos que requieran mayor nivel de atención por parte del personal técnico, teniendo en cuenta la función de cada equipo en la línea de producción, realizando siempre la debida documentación para retroalimentar los procesos, sobre todo en los modos de fallas más recurrentes.

RECOMENDACIONES:

- Para esta compañía se recomienda implementar la metodología AMEF cada seis meses, ya que es una hoja de gran información y se puede aplicar la mejora continua.
- Se recomienda realizar seguimiento a las actividades planificadas y verificar el cumplimiento de las ordenes de trabajo para garantizar la mejora en la gestión del mantenimiento.
- Se recomienda programar capacitaciones y charlas de mantenimiento preventivo a todo el personal de la empresa tanto operativo como administrativo y así mejorar la disponibilidad de todos los equipos de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA.

- Ayasta Saharig, C. F., & Cordero Carreño, F. J. P. (2021). Implementación del mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica, Callao, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87578>
- Bances Enriquez, G. A., & Llontop Paredes, L. G. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de equipos en Nave Armado de una planta metalmecánica. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89003>
- Bayas Guevara, M. D. (2021). *Mejoramiento del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas críticas del área de metalmecánica de la Empresa ECUATRAN S.A. aplicando la metodología de optimización del plan de mantenimiento*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15006>
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez Pazmiño, M. Á. (2019). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el taller de metalmecánica de la Empresa Ensamblajes S.A.* [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41226>
- Mejía Robles, J. C. (2018). *Diseñar un programa de mantenimiento preventivo en el área de producción de una empresa metalmecánica*. [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34584>
- Osorio Esteban, R. S. (2016). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora diamantina superdrill H600 de la empresa Maqpower S.A.C.

Universidad Nacional del Centro del Perú.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1657>

Quiroz Diaz, E. F., & Ramírez Caycho, D. F. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L., San Martín de Porres, 2020. *Repositorio Institucional - UCV.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63121>

Ramos, L. C. C. (2016). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en máquinas circulares en la empresa textil WG. SAC – Lima. *Innovación en Ingeniería*, 2(1), Article 1.

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/innovacion/article/view/1744>

Rivera, T. A. R. (2017). Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y/o equipos de la empresa metalmecánica AYD Pioneer S.A.C. para incrementar su disponibilidad y contabilidad operacional. *Tecnología y Desarrollo (Trujillo)*, 15(1), 45-52.

<https://doi.org/10.18050/td.v15i1.1785>

Santander Pico, M. A., & Villegas Gómez, A. F. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de medición en la compañía Rayco LTDA.*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2637>

Taqueño Moreta, J. L. (2012). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Planificado para los Equipos de la Casa de Máquinas del Hospital General Docente Riobamba.*

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2399>

Valdivieso Torres, J. C. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa Extruplas S.A.* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/831>

Vega Acuña, A. M. (2017). Implementación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la Empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1978> (Quiroz Diaz & Ramírez Caycho, 2020)

ALFAOMEGA AENOR EDICIONES (2016) Guía Para La Aplicación De Iso 9001 2015 Año de Edición: 2016

Álvarez, G. A. S. (s. f.). *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA METALMECÁNICA INDUSTRIAS AVM S.A.* 196.

Gordillo Chacón, J. H. (2021). *Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos).*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2394>

Angel Gasca, R. D., & Olaya Vargas, H. M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel.* <https://hdl.handle.net/11059/4620>

Carrión, M. A. G. (s. f.). *PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMEF- AMFE), APLICABLE A EMPRESAS DE IMPRESIÓN Y ARTES GRÁFICAS.* 74.

Medina, B. (s. f.). *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF.* 102.

Trabajo de grado.pdf. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2022, de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1966/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>