

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para
incrementar la productividad en la empresa Hidráulica Servinorte
S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Yakson Gussep Chavez Soraluz

ASESOR

Joselito Sanchez Perez

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2023

**Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento
para incrementar la productividad en la empresa
Hidráulica Servinorte S.A.C.**

PRESENTADA POR
Yakson Gussep Chavez Soraluz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Cesar Ulises Cama Pelaez
PRESIDENTE

Alexander Querevalu Morante
SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez
VOCAL

Dedicatoria

Mi investigación la dedico a toda mi familia, en especial a mi madre Rosa Berna Barrios, por haber sido mi mayor ejemplo de superación, humildad y honradez, por ser la más grande razón para cumplir mis metas.

A mi asesor Mgtr. Ing. Joselito Sánchez Pérez, por haber sido mi guía para el desarrollo y culminación de esta investigación.

A la empresa Hidráulica Servinorte SAC. por ser partícipe de esta investigación, brindándome acceso a los datos necesarios para la ejecución de la presente investigación.

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, por brindarme la vida y haberme acompañado a lo largo de mi carrera universitaria, por darme fortaleza y sabiduría para alcanzar mis metas.

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional, por siempre creer en mí.

A mis profesores, por sus enseñanzas y consejos impartidos en aulas, por guiarme para ser una mejor persona y profesional.

ORIGINALITY REPORT

23%	23%	5%	11%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	3%
3	tesis.usat.edu.pe Internet Source	3%
4	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Student Paper	1%
5	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Student Paper	1%
6	repositorio.upn.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.ug.edu.ec Internet Source	<1%
8	repositorio.utp.edu.pe Internet Source	<1%
9	dspace.ups.edu.ec	

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura	9
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión.....	16
Discusiones	48
Bibliografía.....	50
Anexos.....	55

Resumen

La empresa Hidráulica Servinorte S.A.C., la cual se encuentra ubicada en el departamento de Lambayeque, se dedica a la fabricación de cilindros hidráulicos, sin embargo, en el año 2021 su producción estuvo 49 unidades por debajo de su demanda de 14 unidades mensuales, esto produjo una pérdida de S/.260 058,19 por las unidades que no fueron fabricadas, es por esa razón que se plantea realizar una investigación, teniendo como principal objetivo proponer un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en la empresa.

La propuesta del sistema de gestión de mantenimiento tuvo como base la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, conocido como RCM. Esta metodología utiliza como herramientas la matriz de criticidad, en la cual se determinan cuáles son los equipos críticos dentro de la empresa, además se empleó el árbol de fallas para realizar de mejor manera el análisis de modo efectos y fallas, para posteriormente utilizar la hoja de decisión RCM, de esta forma se determinó de forma adecuada el cronograma de actividades de mantenimiento. La productividad pasó de a 68,56%, llegando a una producción promedio de 12 cilindros hidráulicos por mes.

Se realizó la evaluación económica de la propuesta, donde se obtuvo un valor actual neto de S/.13 655,25, además que se obtuvo una tasa interna de retorno de 60%, en un periodo de recuperación para el segundo año. El costo beneficio de la investigación es de 1,06, esto significa que por cada sol de inversión se gana S/.1,06, por lo que el proyecto es considerado rentable.

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, RCM, Sistema de Gestión, Productividad

Abstract

The company Hidráulica Servinorte S.A.C., which is located in the department of Lambayeque, is dedicated to the manufacture of hydraulic cylinders, however, in the year 2021 its production was 49 units below its demand of 14 units per month, this produced a loss of S/.260 058,19 for the units that were not manufactured, it is for that reason that it is proposed to conduct research, having as main objective to propose a maintenance management system to increase productivity in the company.

The maintenance management system proposal was based on the reliability-centered maintenance methodology, known as RCM. This methodology uses as tools the criticality matrix, in which the critical equipment within the company is determined, also the failure tree was used to better analyze the mode effects and failures, to later use the RCM decision sheet, in this way the schedule of maintenance activities was adequately determined. Productivity increased from 68,56%, reaching an average production of 12 hydraulic cylinders per month.

The economic evaluation of the proposal was carried out, where a net present value of S/13 655,25 was obtained, in addition to an internal rate of return of 60%, in a recovery period for the second year. The cost benefit of the research is 1,06, which means that for each sol of investment S/1.06 is earned, so the project is considered profitable.

KEYWORDS: Maintenance, RCM, Management System, Productivity

Introducción

La importancia del mantenimiento a incrementando a lo largo de los años, es por esta razón que, para brindar un buen servicio, es necesario mantener una correcta gestión de mantenimiento, puesto que, de esta forma se conserva una mayor producción de los diferentes productos que se deseen realizar, dependiendo del sector de trabajo [1].

Por otro lado, es necesario saber que, los equipos van sufriendo cierto desgaste con el tiempo, esto produce paros inesperados por lo que es necesario aplicar un mantenimiento correctivo, sin embargo, eso es algo que se debe evitar puesto que se traduce en tiempos muertos o perdidos, donde no existe producción. Es necesario conocer que el mantenimiento es una de las principales formas de evitar la creación de tiempos muertos o de baja de producción [2].

Dentro de Perú, se tiene la existencia de grandes complicaciones por fallas causadas por un descuido del mantenimiento, dentro del sector manufacturero. Sin embargo, existen compañías que cuentan con personal capacitado, capaz de resolver hasta un 80% de estas inactividades por paradas, dentro del 20% es necesario realizar una contratación de personal especializado de ciertas reparaciones. Esto quiere decir que existen grandes problemas que puede producir paradas de planta, esto significaría una gran pérdida productiva que se traduce en pérdidas económicas, teniendo como factor principal, el mantenimiento mal utilizando o implementado [3].

La industria manufacturera tuvo una caída de 13,36% en el 2020, siendo uno de los sectores económicos más afectados durante la pandemia junto con el de transporte y alojamiento. Las estrictas restricciones dadas durante el Estado de Emergencia y la crisis global tuvieron repercusiones en la producción de las empresas, las expectativas para invertir, la demanda interna, la cadena de suministro, entre otros factores. En especial la actividad metalmecánica su índice de producción disminuyó en un 22,99% [4]. Dentro de este sector se encuentra la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C., ubicada en la región Lambayeque. La empresa mencionada se encuentra en el rubro de metalmecánica, está encargada de la fabricación de cilindros hidráulicos, cuenta con una demanda fija de 14 unidades mensuales, por lo que su proceso de fabricación está dado por lotes. Sin embargo, en el año 2021 su producción estuvo 49 unidades por debajo de la demanda solicitada, esto produjo una pérdida de S/. 260 058,19 por las unidades no producidas, además que la principal causa de la baja productividad de 57,62% son las 167 paradas por fallas de los equipos con los que se trabaja.

Respecto a la gestión de mantenimiento se evidenció la carencia de una planificación de tareas de mantenimientos, continuos paros y fallas. Es por esta razón que se enuncia la siguiente pregunta ¿En cuánto incrementará la productividad de la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C. con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento? Para resolver esta pregunta se ha planteado como objetivo general, proponer un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C, teniendo como objetivos específicos diagnosticar la situación actual del mantenimiento y productividad de la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C, proponer un sistema de gestión de mantenimiento de la empresa hidráulica Servinorte S.A.C, evaluar el costo beneficio de la propuesta de mejora.

La presente investigación en cuanto al aporte teórico se justifica dado que será de valiosa ayuda para otros proyectos de investigación, además servirá de guía, consulta o antecedente para la elaboración de estudios semejantes, generando de esta manera conocimientos en el sector de la manufactura. Asimismo, el aporte práctico se justifica porque se resolvió un problema en la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C, puesto que se aboca a competir y liderar el mercado interno, para lo cual necesitó establecer un Sistema de Gestión de Mantenimiento que permita optimizar los indicadores de gestión de la empresa, mejorar e incrementar la productividad, eficiencia, eficacia en el mantenimiento preventivo y correctivo, por consiguiente, reducción de coste e incremento de las utilidades.

Revisión de literatura

Piechnicki et al. [4] en su artículo de investigación “*Análisis del despliegue de RCM en la producción de madera: mejorando la productividad y aumentando la confiabilidad del sistema*”, analizó la mejora de la productividad y confiabilidad mediante la implementación del RCM aplicando una metodología experimental. Se determinó un total de 16 modos de falla, se mejoraron los parámetros de disponibilidad de 94% a 97%, el MTBF de 4,86 a 5,90 días, el MTTR disminuyó de 1,55 a 1,17 horas, las fallas diarias se redujeron de 0,21 a 0,17 y la confiabilidad de 81% a 84%. Se concluyó que la aplicación de métodos estadísticos puede mejorar la efectividad del análisis de los datos para el mantenimiento.

Paoprasert et al. [5] en su artículo titulado “*Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la máquina de apriete de tornillo del sistema de producción de unidades de disco duro*”, trabajaron el desarrollo de una estrategia implementación del RCM en una máquina martilladora, bajo una metodología experimental. Las fallas de la máquina

martilladora se analizaron mediante el FMEA, RPM y se identificaron 33 fallas y los indicadores MTBF y MTTR, con los resultados siguientes para el tornillo atascado con un bajo MTBF de 2,7 horas y el MTTR en 5,2 min. Se concluyó que la identificación de las fallas permitió solucionar el problema rápidamente permitiendo expandir la técnica a otras máquinas.

González [6] en su tesis de investigación "*Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para maximizar la productividad del bombeo de aguas residuales en la empresa EP-MAPSE*", con una investigación de tipo descriptiva no experimental. Las fallas encontradas en el sistema de bombeo se ponderaron mediante el AMFEC que determinó una eficiencia del 25% con un impacto económico al año de \$.614 287,89; como alternativa de solución se propuso un plan de RCM con una inversión de \$.120 769,00 con un TIR de 26% y VAN de \$.75 690,32. Se concluyó que la propuesta de implementación es económicamente factible según la evaluación económica.

Molina [7] en su investigación "*Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable en Tixán Etapa EP Módulo II*", propone como objetivo principal brindar una plan de mantenimiento utilizando la metodología RCM, dentro de los resultados encontrados, se obtuvo que todos los equipos con los que cuentan están en un estado crítico por lo que se determina que es necesario la implementación de un plan de mantenimiento, por lo que utilizando el método de RCM se realizó un plan de mantenimiento adecuada a las necesidades de la planta, el costo de la implementación del plan de mantenimiento para el primer año sería un total de \$.8 980,60 y para el segundo \$.2 090,60. Se concluye que la utilización de la metodología RCM ayuda a implementar un plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de los equipos.

Alemán [8] en su investigación titulada "*Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en RCM, para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licoram en la ciudad de Ibarra*" tiene por objetivo principal diseñar un plan de mantenimiento teniendo como base la metodología RCM, dentro de los resultados se obtuvo que en el primer análisis la disponibilidad más baja fue de un caldero eléctrico, con un valor de 91%, por otro lado, la utilización de la herramienta AMEF proporciona que hay una existencia de riesgo de fallos elevados en el sistema eléctrico, el presupuesto anual del plan de mantenimiento llega a un valor total de \$.1 059,70. Por lo que se concluye que la utilización del RCM y como instrumento AMEF brinda detalles de las posibles fallas existentes, así como el proceso que se debe seguir en caso ocurran.

Lázaro [9] en su informe titulado “*Mejora de la gestión de mantenimiento mediante la metodología RCM para incrementar la productividad de los equipos de construcción civil de la empresa CSR21 S.A.C.*”, implementó mejoras basándose en técnicas del RCM para incrementar la productividad de la maquinaria para construcción de la empresa CSR 21 S.A.C., para el cual aplicó métodos de investigación de tipo aplicada y experimental. Los resultados obtenidos del análisis inicial indican que la disponibilidad de los equipos en promedio, ronda el 87%, y el diagnóstico posterior indicó que los factores responsables de la baja productividad fueron la falta de: mantenimiento preventivo periódico, inspecciones de rutina y personal no capacitado, por lo cual se propuso la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), obteniendo los modos de falla, se elaboró además un plan de mantenimiento preventivo y seguimiento, además se adquirió stock de repuestos y capacitaciones para el personal. De las acciones implementadas, se concluyó que la disponibilidad de los equipos tuvo un incremento de 90,8% hasta un 93,8% y la productividad se mejoró a 93,4% con un 6,4% de incremento.

Mesones [10] en su trabajo de investigación titulado “*Propuesta de un sistema de gestión del mantenimiento en la empresa Agronegocios Sicán S.A.C. para incrementar su productividad*”, propuso la gestión de un sistema de mantenimiento para mejorar la productividad, con una investigación de tipo aplicada. El diagnóstico inicial identificó los factores que afectan el proceso productivo como: el desorden de las herramientas, paradas, falta de personal capacitado, etc., dejando una baja productividad de 42,25%, para el cual se elaboró un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, además de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo y un programa de capacitación para el personal, con un costo total de S/.16 144,00. Se concluyó que las acciones implementadas incrementaron la productividad en un 18,6% en el tiempo, y en los equipos un 19,9% y en total la productividad subió 10,5%.

Quiroz y Ramírez [11] en su trabajo de investigación de título “*Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L., San Martín de Porres, 2020*”, determinaron la mejora de la productividad dentro del área de producción, al implementarse un plan de mantenimiento preventivo, considerando una investigación de tipo aplicada y diseño experimental. Los resultados indicaron que, inicialmente la productividad era de un 58%, y los indicadores de eficiencia y eficacia inicial eran de 83% y 70%, luego de implementarse el plan de mantenimiento, se obtuvo un aumento en la productividad del 19%, eficiencia en un 6% y eficacia en 16%. Por tanto, se concluyó con la

negación de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis del investigador, comprobando que el plan de mantenimiento mejora la productividad de la empresa.

Benites y Minaya [12] en su investigación “*Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aumentar de producción en la red de oxígeno de una empresa industrial*”, determinaron la viabilidad económica de la implementación de un sistema de mantenimiento considerando la metodología RCM para mejorar la capacidad de producción de oxígeno, aplicando una metodología de aplicada. Los resultados indicaron que la disponibilidad promedio, MTBF y MTTR con valores de 97,74%, 197,79 y 4,46 horas, luego de la implementación del mantenimiento, los parámetros de disponibilidad, MTBF y MTTR promedio mejoraron en 198,94%, 198,9 y 3,19. Se concluyó que la implementación es viable económicamente con una inversión de US\$.12 250,00.

Arévalo [13] en su investigación “*Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa Perupast S.R.L.*”, incrementó la productividad de la línea de producción, implementando un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad con una investigación aplicada. Los resultados de la investigación determinaron un total de 388,5 horas de paradas, y los equipos críticos al área de dosificación, mezclado, amasado y extrusión; los tiempos de paradas se mejoró en 205 horas, incrementando la disponibilidad en 91,04%. Se concluyó que la producción se incrementó en 394 bolsas de fideos/día y el análisis económico indica que la empresa ganará S/.0,38 por cada sol invertido.

Considerando la norma UNE-EN-ISO 14001:2015 [14], un sistema de gestión es un conjunto de elementos de una organización (estructura organizativa, funciones y responsabilidades, planificación y operaciones, evaluación, mejora del desempeño) que se interrelacionan o interactúan para establecer políticas y objetivos y definir los procesos necesarios para lograr estos objetivos. Un sistema de gestión puede comprender una o más disciplinas (calidad, medio ambiente, salud y seguridad de los trabajadores, gestión energética, gestión financiera, etc.)

El tiempo perdido de producción debido a paradas no programadas de los equipos, perjudica directamente los costos, generando pérdidas monetarias, descontento y desconfianza de los clientes, además de afectar la seguridad de los trabajadores, por lo cual, las industrias modernas tienen por prioridad la reducción de tales costos debido a paradas de los equipos mediante el estudio de la confiabilidad de los equipos, mejorando su competitividad [15]. Por tanto, el

objetivo principal del mantenimiento se encuentra orientado en el mismo sentido que la meta de la producción, garantizando aspectos como: la disponibilidad de los equipos, la funcionalidad de la planta, uso efectivo de la energía, el cumplimiento de los estándares de seguridad y la prolongación del tiempo de vida de los activos, que influyen en la calidad del producto y en los costos de producción de la empresa [16]. El mantenimiento basado en la confiabilidad o RCM es una herramienta que sirve para estudiar el patrón de fallas de un sistema o subsistema y formular una estrategia para alcanzar los niveles de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad óptimos [15]. El RCM tiene como principal prioridad la seguridad, y en segundo mejorar la disponibilidad y confiabilidad del equipo siempre y cuando la seguridad no se halle comprometida, integrando al mantenimiento preventivo, mantenimiento proactivo, técnicas predictivas y correctivas [17].

La disponibilidad es un indicador que representa el tiempo que un equipo se encuentra apto y en funcionamiento [18], y para determinar su valor, se toma en cuenta el tiempo promedio entre las fallas, el tiempo promedio de reparación y el número de paradas por el número de fallas. El tiempo promedio entre fallas o MTBF se calcula mediante la relación del tiempo real de operación y el número de fallas, que se expresa de la manera siguiente:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo de operación real}}{\textit{Número de fallas}}$$

El tiempo promedio de reparación, también conocido como MTTR, se determina como el cociente de horas promedio de mantenimiento y el número de fallas:

$$MTTR = \frac{\textit{Horas de reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

La disponibilidad del equipo queda determinada por la ecuación:

$$D_{total} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Sierra [18] resalta la importancia del registro histórico de las fallas, sea un registro escrito o mediante el uso de software de gestión de mantenimiento, para obtener valores de confiabilidad y disponibilidad más precisos. El autor también describe ciertos criterios a considerarse para el análisis de las fallas, los cuales son: la identificación de las fallas críticas, clasificar por ocurrencia cada tipo de falla, determinar la criticidad según el tiempo de inoperativas que genera la falla y aplicar el diagrama de Pareto para identificar las fallas más importantes. Para la clasificación de criticidad de los equipos, se determina mediante el producto de la

consecuencia por la frecuencia de las fallas. Gasca [19] propone una metodología para la clasificación por criticidad, tomando cinco factores de consecuencia los cuales son: impacto en la producción, seguridad y salud, costos de reparación, tiempo de reparación y tiempo de operación, ponderándose del 1 al 4 cada factor, representando el 1 el nivel más bajo, la frecuencia de falla se pondera de igual forma, con el 1 indicando la menor frecuencia. Luego de definir la consecuencia y la frecuencia de fallas se construye la matriz de criticidad aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia}$$

Una etapa primordial dentro del mantenimiento es el análisis del riesgo de falla del equipo, que consiste en determinar los modos de falla en base al historial de falla del equipo utilizando la técnica del análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Okwuobi et al. [15] indica el procedimiento siguiente: Revisión del proceso o funcionamiento del sistema, determinación de todos los posibles modos de falla, asignación de clasificación según a la gravedad de cada efecto de falla, asignación de una calificación a la probabilidad de ocurrencia la falla, asignación de calificación para la detección de la falla y, por último, el cálculo del número prioritario de riesgo o NPR. Gallará y Pontelli [20] indican que el NPR se determina mediante el producto de la ponderación de los factores de gravedad, ocurrencia y detección, expresándose matemáticamente por la siguiente relación:

$$NPR = G \times O \times D$$

Los factores de gravedad, probabilidad de falla y detección, la ponderación se encuentra en los anexos 6 y 7.

La productividad se define como la relación existente entre el total de producción [21]. Este indicador se determina mediante la ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficiencia}}{\text{Eficacia}}$$

La eficacia evalúa el logro de los objetivos planteados previamente, lo que significa que este indicador mide la capacidad que tiene la organización para llegar a obtener los resultados esperados. La eficiencia es un factor de la productividad que mide el nivel de los resultados y los recursos utilizados para lograrlos [21].

Materiales y métodos

El trabajo de investigación tuvo como objeto brindar un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C, que permita aumentar la productividad, optimizar los indicadores de gestión de la empresa, mejorar e incrementar la productividad, eficiencia, eficacia en el mantenimiento preventivo, reducción de coste e incremento de las utilidades. Asimismo, para obtener la recolección de información se realizaron visitas a la empresa y se verificaron las deficiencias que presenta actualmente el área de mantenimiento y productividad, además se consultaron las bases de datos, reportes, entre otros. Para el estudio de la presente investigación es necesario lo siguiente:

Diagnosticar la situación actual del mantenimiento y productividad de la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C. Para el análisis de la situación actual de la gestión de mantenimiento se aplicó una guía de observación aplicado a los procesos de la gestión de mantenimiento, indicadores de mantenimiento, también se utilizó una matriz de criticidad para determinar los equipos los cuales son considerados como más críticos, de estos se realizó su árbol de fallos de equipos y posteriormente se aplicó un análisis de modo y efectos de fallas [22].

Desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento de la empresa hidráulica Servinorte S.A.C. Para proponer un sistema de gestión de mantenimiento que incremente la productividad, la metodología aplicada fue el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Utilizando una hoja de decisiones se puede determinar el tiempo adecuado de mantenimiento, así como las actividades de este y la frecuencia [23].

Evaluar el costo beneficio de la propuesta de mejora. Para realizar el análisis de costo beneficio de la propuesta se consideró la inversión de la implementación del sistema RCM. Para ello, se determinó el costo total de los repuestos, costo de materia prima, costos de mano de obra, finalmente se realizó un flujo de caja para la rentabilidad de un proyecto de inversión [24].

Resultados y discusión

1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Hidráulica Servinorte S.A.C., es una empresa manufacturera que pertenece al sector metalmeccánico, dedicada al rubro de fabricación de cilindros hidráulicos. Inicio sus funciones el 2018 y desde entonces viene ofreciendo a sus clientes una de las gamas más amplias del mercado para el sector de maquinaria pesada, agrícola, industrial. Los datos generales con mayor precisión se evidencian en el anexo 1, asimismo cuenta con un organigrama que se detalla en el anexo 2

En el anexo 3 y 1, se muestra que el valor monetario de las utilidades no percibidas en el periodo 2021, a causas de las fallas en las maquinarias que intervienen en el proceso de producción de cilindros hidráulicos, alcanzando un valor de S/.260 058,1

Organigrama de la empresa

En el Anexo 2 se presenta el organigrama de la empresa, donde se observa que solo se cuenta con 3 áreas, donde se presenta que dentro de la producción se encuentran los operarios, encargados de la utilización de los equipos.

Proceso productivo

Para la elaboración de los cilindros hidráulicos se necesita la elaboración de 6 componentes, los cuales son bridas, émbolo, tapa soldada y de rosca, tubo bruñido y un vástago. La fabricación de cada pieza tiene un proceso diferente.

Tubo bruñido: para la elaboración de esta pieza se necesita un primer proceso de corte de los tubos, seguido de un perforador de un agujero, por otro lado, se realizan cortes de una barra de 60mm de diámetro, posteriormente se realiza un desbaste y nuevamente nuevas perforaciones. Finalmente, se realiza una rosca de M10x1,5 y se suelda a una brida.

Vástago: para la elaboración de esta pieza se realiza un corte a la barra, seguido se realizan 2 roscas, con unas medidas de M54x2 para rosca interna como externa.

Tapa soldada: la pieza empieza con una forma de barrada, que posterior a realizar ciertos cortes para reducir su tamaño y pueda pasar a un torno, se realiza una rosca interna de 3mm, finalmente, dentro de los acabados se realiza un chaflán de 2x45° en el diámetro interno.

Brida: la pieza es tomada como base de una barra de acero de 20cm de diámetro donde se corta con un espesor de 25,5 mm, posteriormente pasa a un proceso de perforación central para permitir que el torno realice una perforación central con mayor diámetro, del mismo modo se realizan las perforaciones de los bordes para finalmente pasar a un proceso de avellanado de estos últimos agujeros.

Émbolo: para realizar esta pieza, se realizan cortes de una barra de acero, posteriormente se realiza ciertas perforaciones para que pueda pasar al torno, finalmente se realiza una rosca interna de M54x2.

Tapa roscada: la elaboración de esta pieza se realiza con unos cortes de una barra de acero, para posteriormente pasar a realizar una perforación la cual servirá de guía para el torno, donde se realiza la perforación inicial, seguida de unas que delimitan ciertos niveles. Seguidamente otro equipo se encarga de hacer un chaflán de $2 \times 45^\circ$ para finalmente hacer una rosca externa.

Dentro del proceso de producción se obtiene el siguiente flujograma, donde se muestra desde el pedido de los clientes hasta el producto final.

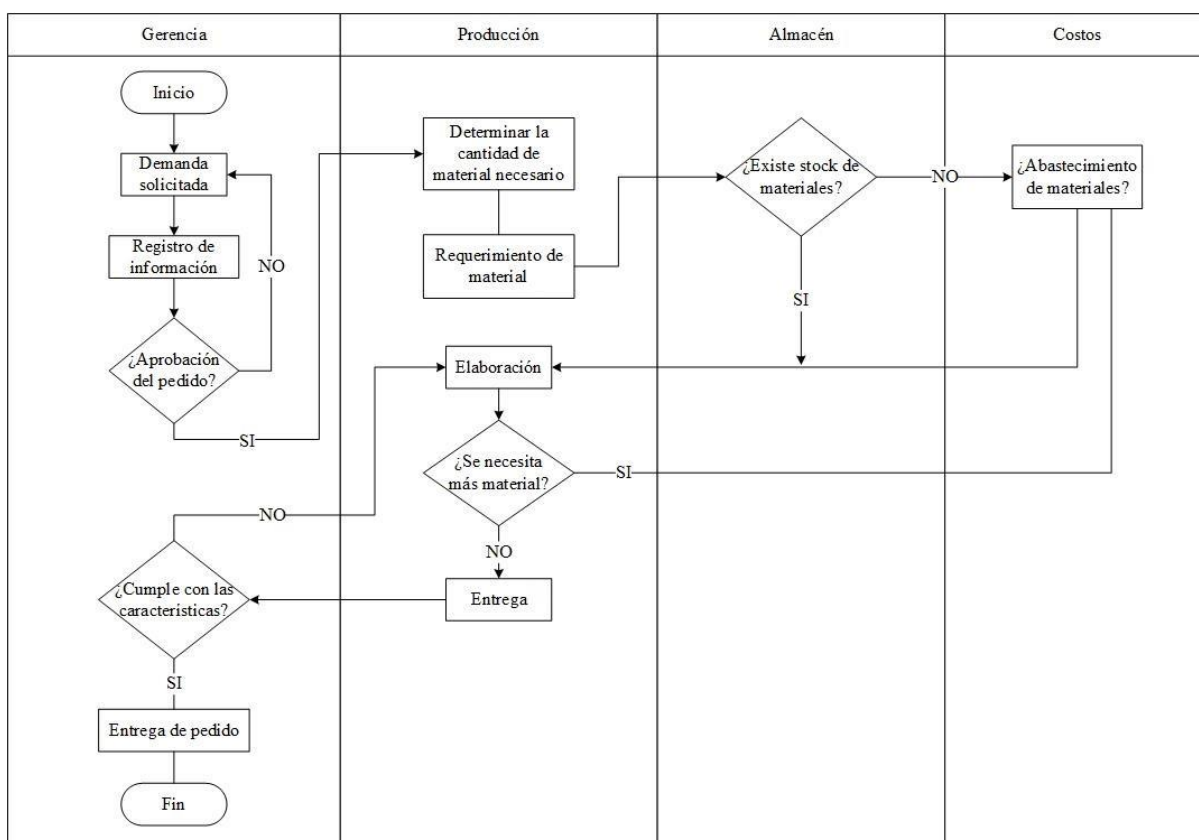


Figura 1. Flujograma de la empresa

En la siguiente figura se observa cuáles son las principales causas de la baja productividad dentro de la empresa, se observan también dentro de la Tabla 1.

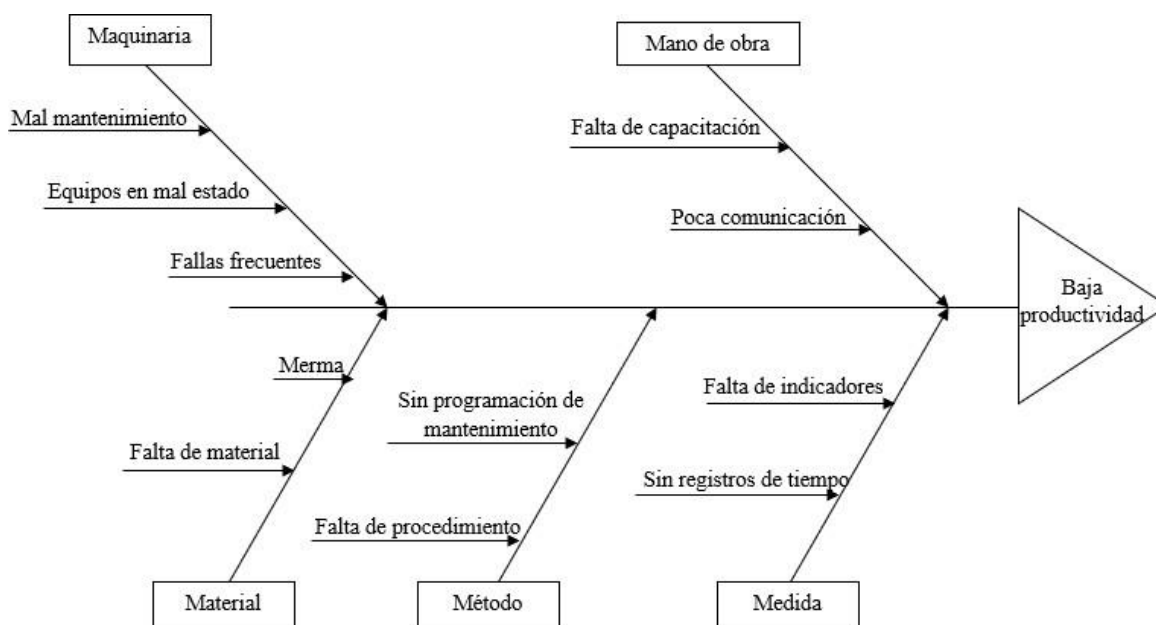


Figura 2. Diagrama Ishikawa

Tabla 1. Causas de baja productividad

Causas que producen una baja productividad	
C1	Mal mantenimiento
C2	Equipos en mal estado
C3	Fallas frecuentes
C4	Falta de capacitación
C5	Poca comunicación
C6	Merma
C7	Falta de material
C8	Sin programación de mantenimiento
C9	Falta de procedimiento
C10	Falta de indicadores
C11	Sin registro de tiempo

Fuente: Elaboración propia

Con la tabla anterior se logró determinar un diagrama de Pareto, donde se observa que las principales causas de la baja productividad son el mal mantenimiento, fallas frecuentes, equipos en mal estado y falta de capacitación.

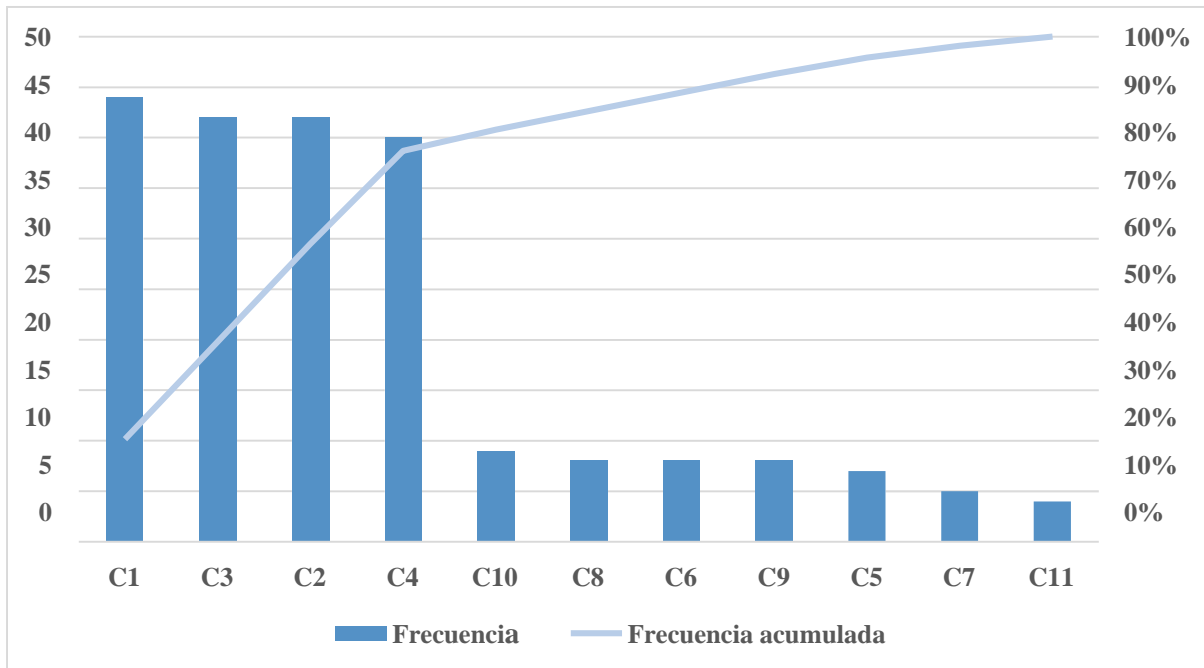


Figura 3. Diagrama de Pareto

1.1. Análisis de fallos

La empresa Hidráulica Servinorte SAC, tal como se muestra en la Tabla 2, registró la mayor cantidad de fallas de sus equipos en los meses de octubre (ocasionando 47 horas de paradas), noviembre (produciendo 42 horas de paradas) y julio (causando 39,5 horas de paradas). Asimismo, durante el año 2021 se registró un total de 380,5 horas de paradas y 167 fallas.

Tabla 2. Análisis de fallos en la empresa Hidráulica Servinorte SAC durante el periodo 2021

Mes	Equipos	N° de fallas	Tiempo de parada (h)	Subtotal del tiempo en reparar (h)
Enero	Torno paralelo	7	10	25
	Taladro columna	3	4	
	Banco de pruebas	6	11	
Febrero	Fresadora	5	4	25,5
	Máquina de soldar	6	13,5	
	Compresor de aire	3	8	
Marzo	Esmeril	5	9	33,5
	Banco de pruebas	6	16,5	
	Cinta eléctrica	3	8	
Abril	Taladro columna	5	4,5	24,5
	Fresadora	4	6,5	
	Prensa hidráulica	4	13,5	
Mayo	Esmeril	4	15	28
	Banco de pruebas	5	7	
	Cinta eléctrica	3	6	
Junio	Torno paralelo	8	6	26,5
	Fresadora	3	5	
	Máquina de soldar	6	8,5	
	Compresor de aire	4	7	
Julio	Taladro columna	3	20	39,5
	Banco de pruebas	6	19,5	
Agosto	Torno paralelo	4	4	18
	Máquina de soldar	6	5	
	Banco de pruebas	4	3	
	Cinta eléctrica	3	6	
Setiembre	Taladro columna	4	15,5	34,5
	Compresor de aire	3	8	
	Prensa hidráulica	4	11	
Octubre	Taladro columna	5	27,5	47
	Fresadora	3	19,5	
Noviembre	Esmeril	5	14	42
	Banco de pruebas	7	28	
Diciembre	Torno paralelo	9	18,5	36,5
	Fresadora	4	7	
	Prensa hidráulica	7	11	
Total		167	380,5	380,5

Fuente: Hidráulica Servinorte S.A.C.

1.2. Indicadores de la gestión de mantenimiento y productividad

1.2.1. Indicadores actuales de Mantenimiento

En la empresa Hidráulica Servinorte SAC., se trabajan en promedio 26 días al mes, además que se tiene un turno de 8 horas al día, los 12 meses al año, no se consideran los feriados y los sábados de cada mes donde se realiza la limpieza del taller, oficinas, máquinas, equipos y demás instalaciones. En la Tabla 3, se determinó que la empresa cuenta con un total de 2 088 horas para la producción durante el año 2021.

Tabla 3. Tiempo destinado para la producción en la empresa Hidráulica Servinorte SAC durante el periodo de 2021.

Mes	Tiempo laborable (días)	Tiempo para limpieza superficial (días)	Tiempo destinado a la producción (días)	Subtotal tiempo destinado a la producción (h)
Enero	26	5	21	168
Febrero	24	4	20	160
Marzo	27	4	23	184
Abril	26	4	22	176
Mayo	26	5	21	168
Junio	26	4	22	176
Julio	27	4	23	184
Agosto	26	5	21	168
Septiembre	26	4	22	176
Octubre	26	5	21	168
Noviembre	26	4	22	176
Diciembre	27	4	23	184
TOTAL (h)				2 088

Fuente: Hidráulica Servinorte S.A.C

En la Tabla 4 se muestra que, durante el año 2021, la empresa Hidráulica Servinorte SAC registró un total de 380,5 horas paradas a causa de las fallas en las máquinas. Además, se registraron nuevas averías cada 7,95 horas en promedio. Asimismo, la empresa empleó aproximadamente 2,28 h para reparar una falla. Por otro lado, la probabilidad de que un equipo o máquina esté disponible y en buenas condiciones para cumplir su función es del 77,72 %. Los indicadores de mantenimiento muestran ser los inadecuados para la empresa, causando graves pérdidas económicas y retraso.

Tabla 4. Indicadores del mantenimiento de la empresa Hidráulica Servinorte SAC durante el periodo de 2021.

Indicador	Fórmula	Valor	Unidad
Tiempo de parada	$\Sigma = \text{Tiempo de parada}$	380,5	h
Tiempo medio entre falla (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{Horas disponibles} - \text{horas de paro}}{N^\circ \text{ de fallas}}$	7,95	h
Tiempo medio para reparar (MTTR)	$MTTR = \frac{\text{Horas de paro}}{N^\circ \text{ de fallas}}$	2,28	h
Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada}}{\text{Horas totales}}$	77,72	%

Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Indicadores actuales de productividad de los cilindros hidráulicos

Considerando el diagnóstico, la Producción Promedio (PProm) sin fallas en las maquinarias, al mes es de 14 cilindros hidráulicos, asimismo, la producción promedio hallada en el año 2021 fue de 119 cilindros hidráulicos. Además, se halló que durante el año 2021 la empresa dejó de producir 49 cilindros hidráulicos, considerando el Anexo 4 se obtuvo la Tabla 5 donde se indica que la productividad llega a tan solo 57,62%.

Tabla 5. Indicadores promedio

Indicador	%
Eficacia	70,83%
Eficiencia	81,82%
Productividad	57,62%

Fuente: Elaboración propia

1.1.1. Determinación del nivel de criticidad de las máquinas operativas

Dentro de la Tabla 6, mediante el análisis de criticidad se identificaron las máquinas operativas que se encuentran en estado crítico. La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento se centró en las máquinas que concentran la máxima criticidad a causa de averías, siendo éstas las máquinas: Torno paralelo, Banco de pruebas, Fresadora, Máquina de soldar y Taladro columna.

Tabla 6. Valoración de parámetros de criticidad de los equipos en la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C.

Equipo	Impacto en producción (IP)	Seguridad y salud (SS)	Costos de reparación (CR)	Tiempo de reparación (TR)	Tiempo de operación (TO)	Frecuencia	Consecuencia (1-5)	IC
Torno paralelo	4	4	2	4	2	Alta	16	64
Banco de pruebas	4	4	2	3	2	Alta	15	60
Compresor de aire	2	4	1	1	2	Alta	10	40
Esmeril	3	3	1	1	2	Baja	10	20
Fresadora	3	2	3	3	2	Alta	13	52
Máquina de soldar	4	5	1	3	2	Alta	15	60
Prensa hidráulica	2	3	1	2	2	Media	10	30
Sierra de cinta eléctrica	1	2	1	2	2	Baja	8	16
Taladro columna	2	2	4	3	2	Alta	13	52

Fuente: Elaboración propia

Impacto en la Producción: se refiere a cuánto afectaría el equipo a la producción si falla, donde 1 es un impacto bajo y 4 es un impacto alto.

Impacto en Seguridad y Salud: se refiere a cuánto afectaría el equipo a la seguridad de los trabajadores si falla, donde 1 es un impacto bajo y 4 es un impacto alto.

Costo de Reparación: se refiere al costo estimado de reparar o reemplazar el equipo, donde 1 es un costo bajo y 4 es un costo alto.

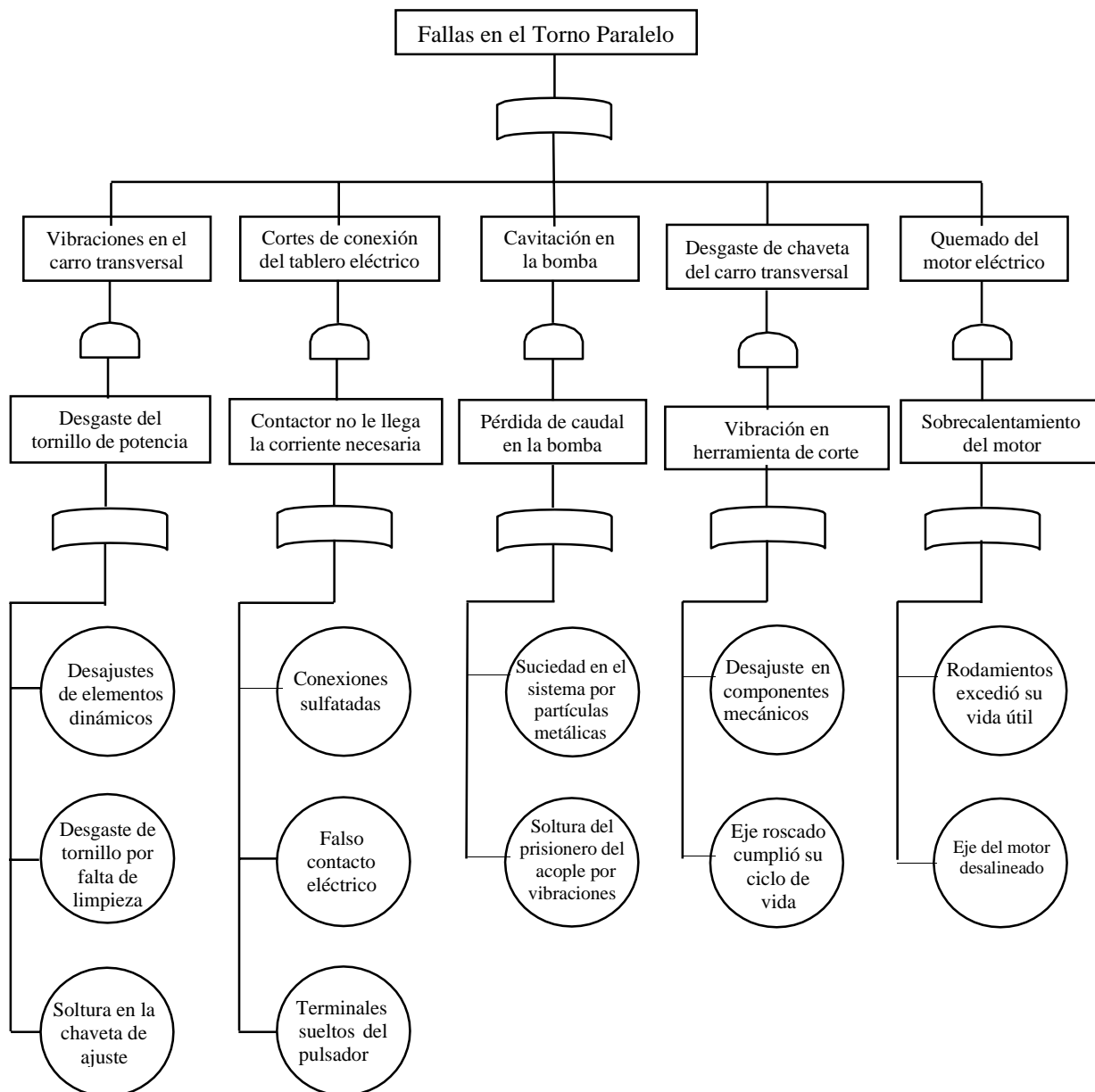
Total de Criticidad: es la suma de los valores para cada parámetro. Cuanto mayor sea el valor total, mayor será la criticidad del equipo en cuestión.

Índice de criticidad: para obtener el valor de índice de criticidad de rigió se acuerdo a los parámetros de la frecuencia de fallos

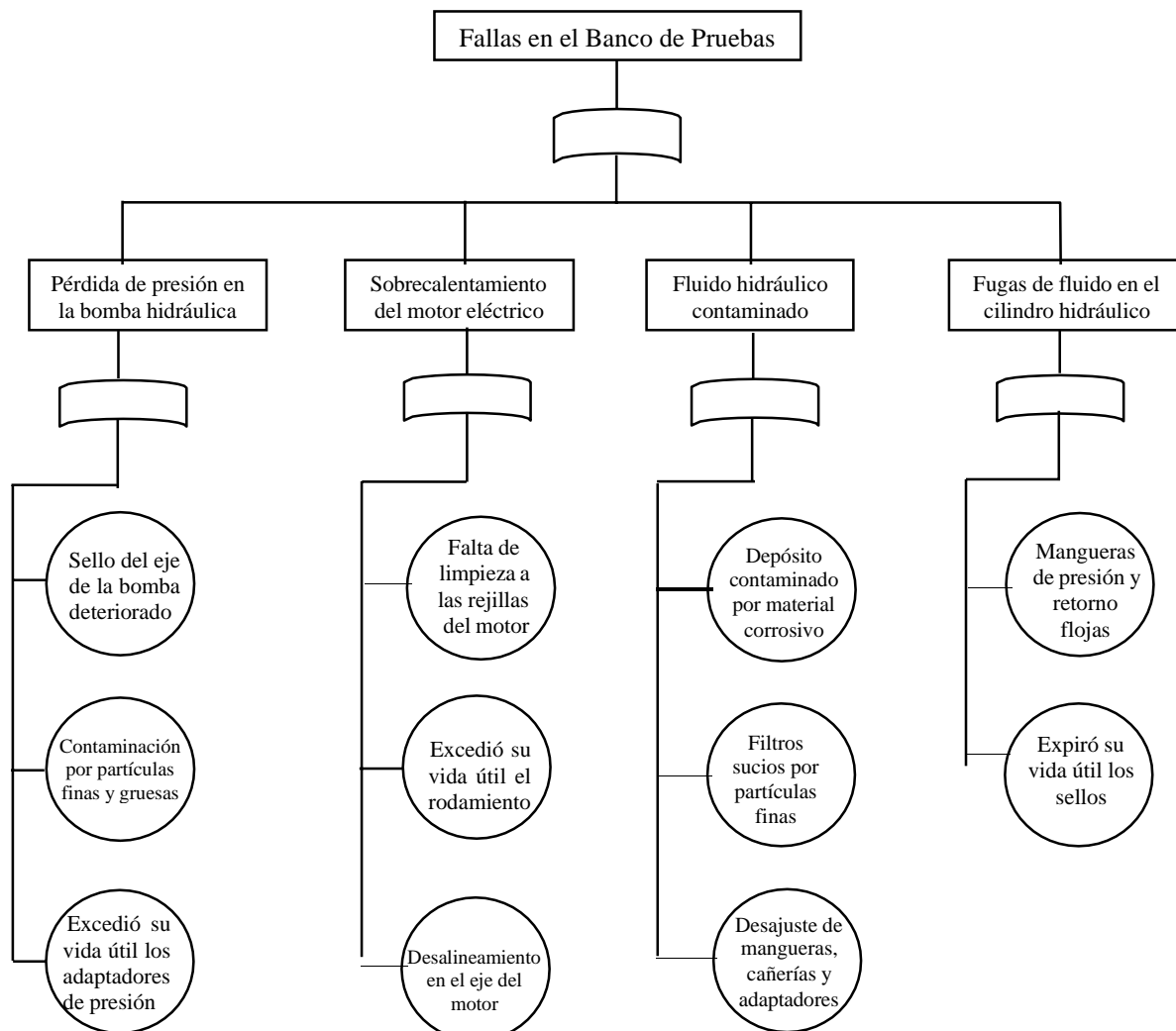
1.1.2. Árbol de falla en los equipos críticos

Esta herramienta es excelente para localizar y remediar las fallas; en este caso se empleó para identificar las causas de las fallas en las máquinas de mayor criticidad; a continuación, se detallan los árboles de falla realizados para cada máquina crítica. Para posteriormente realizar un análisis AMEF de cada equipo.

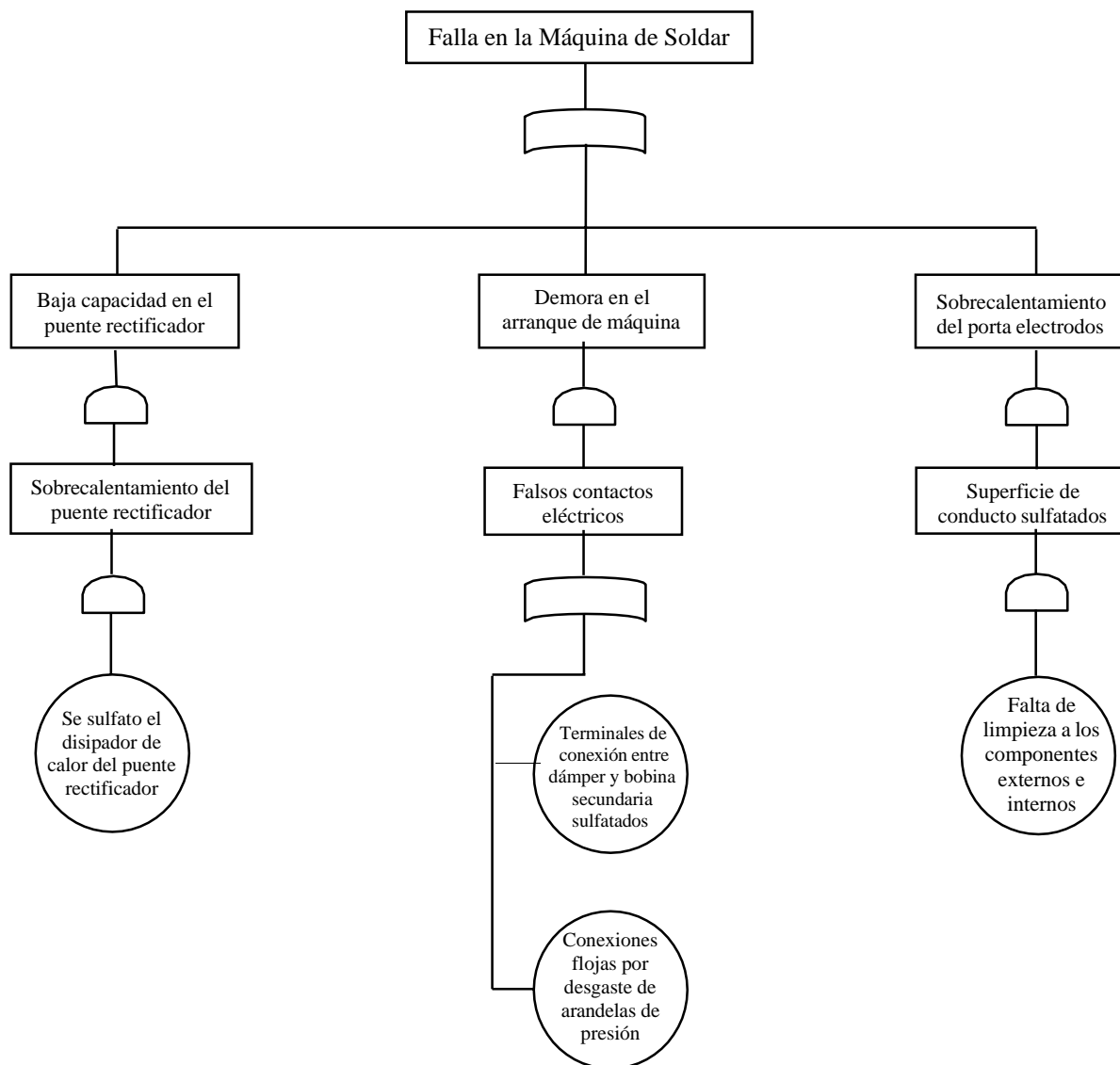
a) árbol de fallos del Torno Paralelo:



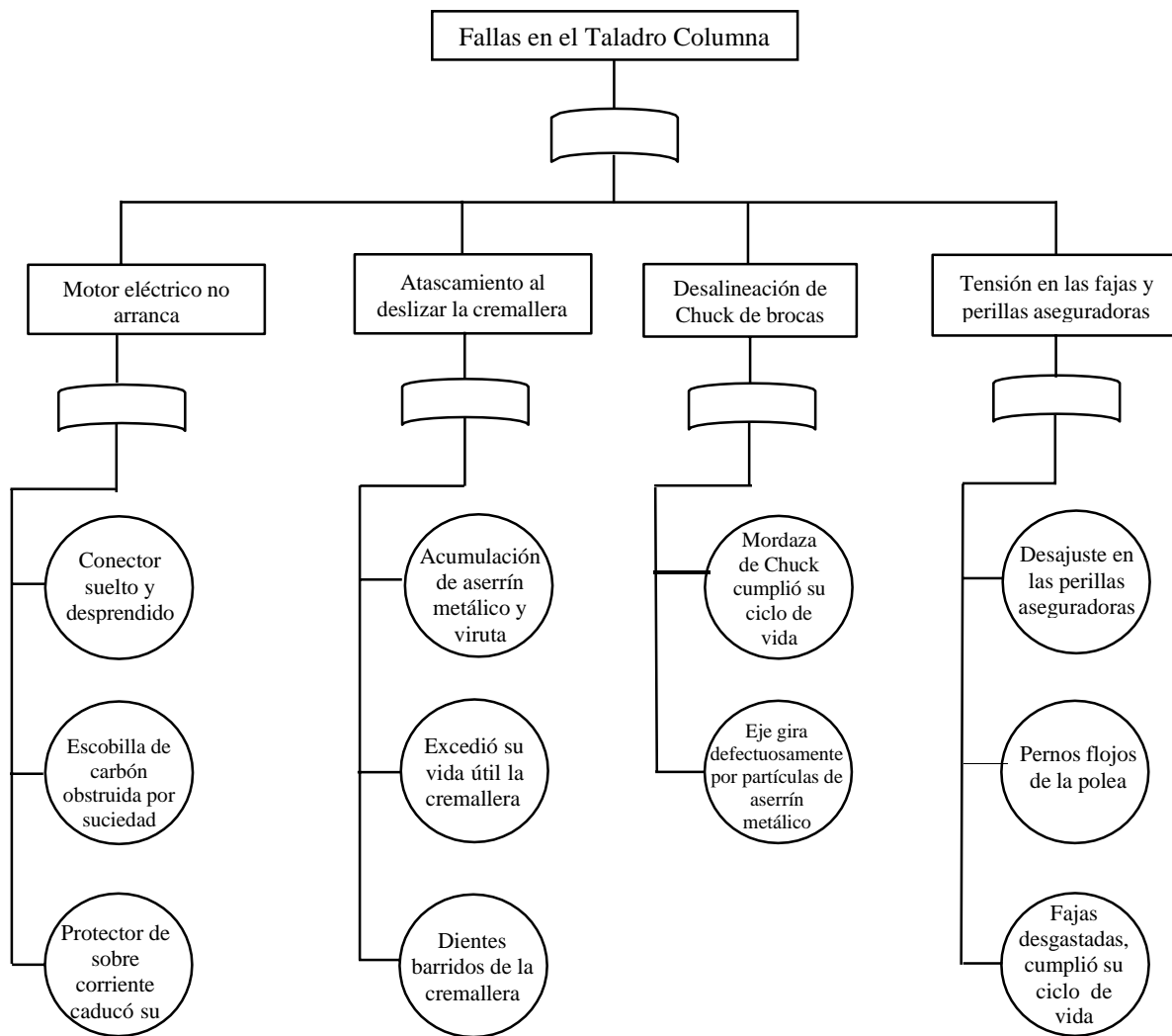
b) árbol de fallos del Banco de Pruebas:



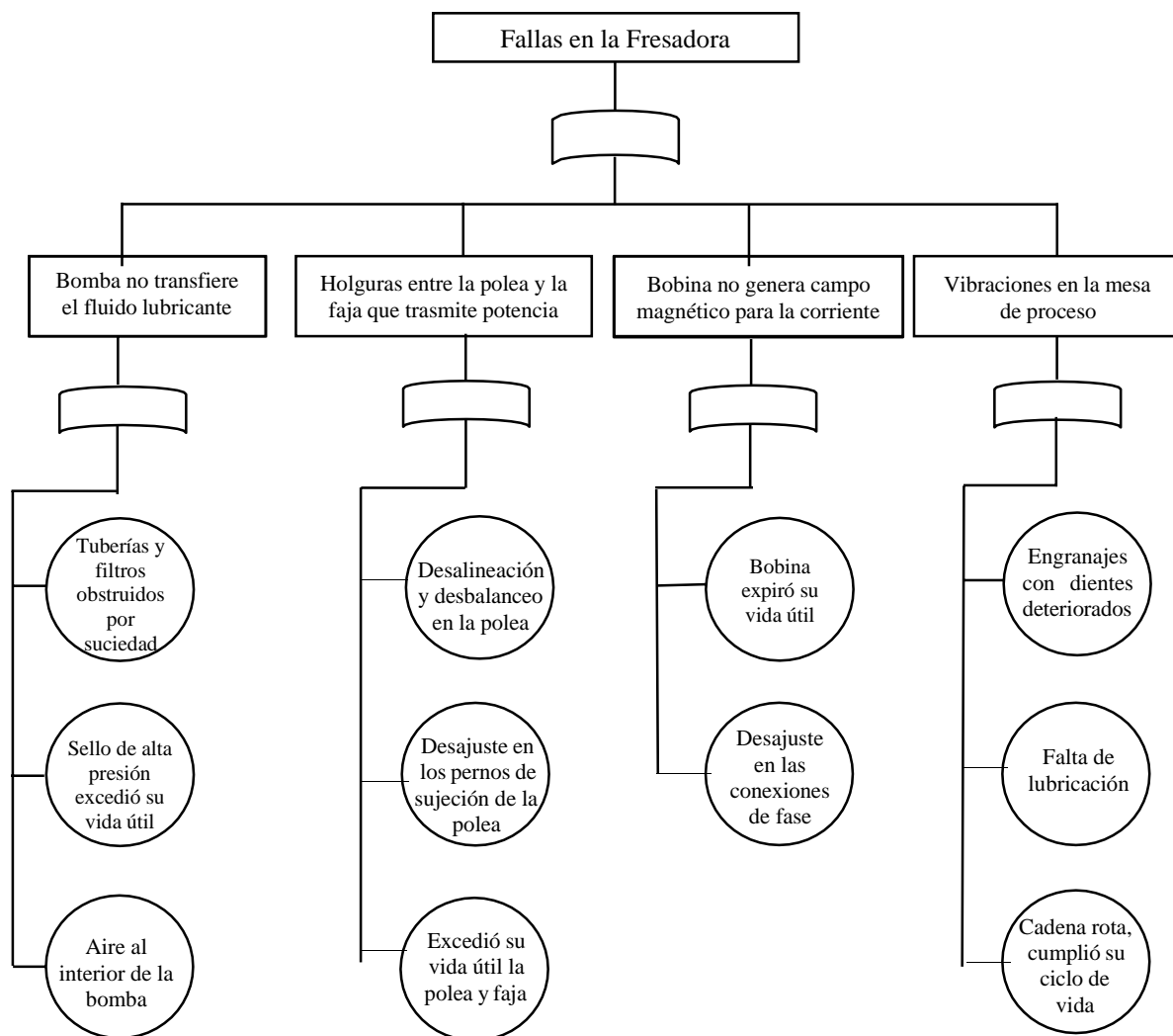
c) árbol de fallos de la Máquina de soldar:



d) árbol de fallos del Taladro Columna:



e) árbol de fallos de la Fresadora:



2. Propuesta del sistema de gestión de mantenimiento

2.1. Diseño del sistema de gestión de Mantenimiento

Para determinar el sistema de gestión de mantenimiento adecuado, se realizó una primera tabla de comparación, donde se observan las ventajas, tiempos, costos y objetivos de cada tipo de metodología de mantenimiento que se aplica en el sector industrial.

Tabla 7. Comparación de metodologías de mantenimiento

Mantenimiento Productivo Total	Mantenimiento basado en confiabilidad	Entidad encargada de mantenimiento
- Tiene como fin establecer 0 paradas.	- Tiene como fin incrementar la confiabilidad de los equipos.	- Unión de mejora continua con RCM y TPM.
- Inversión en personal especializado y equipos específicos y nuevos.	- La inversión se realiza en plazo continuo.	- Gran inversión de implementación
- Implementación a largo plazo	- Implementación a corto plazo.	- Implementación a largo plazo
- Incremento de OEE.	- Aumenta la disponibilidad y productividad	- Aumenta la disponibilidad y calidad.
- Mejora el proceso productivo total.	- Disminuye paradas en equipos con fallas continuas.	

Considerando los puntos que se muestran en la tabla anterior, se realizó una tabla de toma de decisiones, de esta forma se determinó la metodología de mantenimiento a utilizar en el sistema de gestión de mantenimiento planteado.

Tabla 8. Toma de decisiones

	Peso relativo	TPM		RCM		ECM	
Tiempo de implementación	25%	20	5	30	7.5	20	5
Costo de implementación	32%	20	6.43	20	6.43	10	3.21
Ventajas	25%	30	7.5	30	7.5	30	7.5
Objetivo	18%	10	1.79	30	5.36	10	1.79
			20.71		26.79		17.5

La propuesta del sistema de gestión de mantenimiento se basó en la metodología RCM puesto que es la que obtuvo el mayor puntaje en la tabla de decisiones, a partir de ello se desarrollaron ciertas actividades para determinar cuáles son las fallas más recurrentes y como afectan al proceso productivo.

2.1.1. Análisis de modo efecto y falla (AMEF)

La herramienta AMEF ayudó a identificar las fallas funcionales, el modo de fallo y las causas potenciales. Esta información permite la elaboración de los planes de mantenimiento; así como la evaluación de la situación actual del Numero de Prioridad de Riesgo (NPR) correspondiente a cada falla funcional

Tabla 9. AMEF del equipo torno paralelo

Nombre de la Máquina: Torno paralelo/ Código: TOR-001				Realizado por: Yakson Gussep Chávez Soralez				N° AMEF: 01					
Función: Fabricación de piezas				Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa raíz	G	O	D	NPR	Condición actual
Carro transversal	1	Mueve el banco central de la mesa y determina la ubicación del plato giratorio	A	Mal deslizamiento del carro transversal	1	Vibraciones en el carro transversal	Desgaste del tornillo de potencia	Desajuste de elementos dinámicos Desgaste de tornillo por falta de limpieza Soltura en la chaveta de ajuste	10	7	8	560	Riesgo de fallo alto
					2	Desgaste de chaveta del carro transversal	Vibración en herramienta de corte	Desajuste en componentes mecánicos Eje roscado cumplió su ciclo de vida	7	3	9	189	Riesgo de fallo medio
Tablero eléctrico	2	Controlar y proteger los circuitos eléctricos de las instalaciones	B	Falla frecuente en el tablero eléctrico	1	Cortes de conexión del tablero eléctrico	Contactador no le llega la corriente necesaria	Conexiones sulfatadas Falso contacto eléctrico Terminales sueltos del pulsador	8	7	9	504	Riesgo de fallo alto
Bomba de aceite	3	Lubricar la caja de engranajes del torno	C	Bombeo en vacío	1	Cavitación en la bomba	Pérdida de caudal en la bomba	Suciedad en el sistema por partículas metálicas Soltura del prisionero del acople por vibraciones	8	3	8	192	Riesgo de fallo medio
Motor eléctrico	4	Generar un movimiento giratorio a través de poleas para mecanizar las piezas	D	Ruido anormal en el motor eléctrico	1	Quemado del motor eléctrico	Sobrecalentamiento del motor	Rodamientos excedió su vida útil Eje del motor desalineado	8	6	8	384	Riesgo de fallo medio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. AMEF del equipo banco de pruebas

Nombre de la Máquina: Banco de pruebas/ Código: BNC-001				Realizado por: Yakson Gussep Chávez Soralez				N° AMEF: 02					
Función: Realizar pruebas a los equipos fabricados				Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa raíz	G	O	D	NPR	Condición actual
Bomba hidráulica	1	Producir el flujo requerido para la creación de presión en el sistema hidráulico	A	Cavitación en la bomba hidráulica	1	Disminución de la presión, alta temperatura, erosión de las paredes de la bomba	Pérdida de presión en la bomba hidráulica	Sello del eje de la bomba deteriorado Contaminación por partículas finas y gruesas Excedió su vida útil los adaptadores de presión	8	7	9	504	Riesgo de fallo alto
Enfriador de aceite hidráulico	2	Refrigerar el aceite mientras este recorre por todo el sistema	B	Recalentamiento del aceite hidráulico	1	Degradación y pérdida de propiedades del aceite hidráulico	Sobrecalentamiento del motor eléctrico	Falta de limpieza a las rejillas del motor Excedió su vida útil el rodamiento Desalineamiento en el eje del motor	9	8	8	576	Riesgo de fallo alto
Tanque de fluido hidráulico	3	Almacenar el aceite hidráulico	C	Depósito de fluido hidráulico obstruido	1	Impurezas en la succión de fluido hidráulico a la bomba hidráulica	Fluido hidráulico contaminado	Depósito contaminado por material corrosivo Filtros sucios por partículas finas Desajuste de mangueras, cañerías y adaptadores	10	4	6	240	Riesgo de fallo medio
Mangueras hidráulicas	4	Transportar el aceite hidráulico de un lugar a otro	D	Bajo nivel de fluido hidráulico	1	Líneas del sistema hidráulico presentan fugas	Fugas de fluido en el cilindro hidráulico	Mangueras de presión y retorno flojas Expiró su vida útil los sellos	7	5	5	175	Riesgo de fallo medio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. AMEF del equipo máquina de soldar

Nombre de la Máquina: Máquina de soldar/ Código: MQS-001				Realizado por: Yakson Gussep Chávez Soralez				N° AMEF: 03					
Función: Fijación de piezas				Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa raíz	G	O	D	NPR	Condición actual
Transformador	1	Conducir el flujo magnético	A	Fallo en el transformador	1	Baja capacidad en el puente rectificador	Sobrecalentamiento del puente rectificador	Se sulfato el dissipador de calor del puente rectificador	9	6	7	378	Riesgo de fallo medio
Conductos eléctricos	2	Conducir la electricidad desde un punto a otro	B	Fallo en los conductos eléctricos	1	Demora en el arranque de la máquina	Falsos contactos eléctricos	Terminales de conexión entre dámper y bobina secundaria sulfatados Conexiones flojas por desgaste de arandelas de presión	9	7	9	567	Riesgo de fallo alto
Porta electrodos	3	Sujetar el electrodo para garantizar un óptimo contacto eléctrico para el soldador	C	Fallo en el porta electrodos	1	Sobrecalentamiento del porta electrodos	Superficie de conducto sulfatados	Falta de limpieza a los componentes externos e internos	9	8	9	648	Riesgo de fallo alto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. AMEF del equipo taladro de columna

Nombre de la Máquina: Taladro columna / Código: MQS-001				Realizado por: Yakson Gussep Chávez Soralez				N° AMEF: 04					
Función: Fijación de piezas				Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa raíz	G	O	D	NPR	Condición actual
Motor eléctrico	1	Dar movimiento a los engranes	A	Los engranajes no presentan movimientos	1	Motor des energizado	Motor eléctrico no arranca	Conector suelto y desprendido Escobilla de carbón obstruida por suciedad	8	7	9	504	Riesgo de fallo alto
Cremallera	2	Ayuda a movilizar el ajuste del taladro	B	Falla de movilización del cabezal del taladro	1	El cabezal no se puede movilizar	Atascamiento al deslizar la cremallera	Conector suelto y desprendido Acumulación de aserrín metálico y viruta	9	8	8	576	Riesgo de fallo alto
Chuck de brocas	3	Sujeta las brocas a utilizar	C	Las brocas salen la de la ubicación establecida	1	Brocas en constante movimiento	Desalineación de Chuck de brocas	Dientes barridos de la cremallera Mordaza de Chuck cumplió su ciclo de vida	8	9	7	504	Riesgo de fallo alto
Fajas y perillas	4	Transmitir energía y aseguramiento de sistema	D	Energía poco constante, sistema poco ajustado	1	Desajuste en las fajas y desajuste en perillas	Tensión en las fajas y perillas aseguradoras	Eje gira defectuosamente por partículas de aserrín metálico Desajuste en las perillas aseguradoras Pernos flojos de la polea Fajas desgastadas, cumplió su ciclo de vida	7	5	6	210	Riesgo de fallo medio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. AMEF del equipo fresadora

Nombre de la Máquina: Fresadora / Código: MQS-001				Realizado por: Yakson Gussep Chávez Soralez				N° AMEF: 05					
Función: Fijación de piezas				Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez				Condiciones existentes					
Componente	F	Función	FF	Falla de Función	MF	Modo falla	Efectos del modo falla	Causa raíz	G	O	D	NPR	Condición actual
Bomba de aceite	1	Lubricar la caja de engranajes	A	Mala lubricación en la caja de engranajes	1	Atascamiento de engranajes	Bomba no transfiere el fluido lubricante	Tuberías y filtros obstruidos por suciedad Sello de alta presión excedió su vida útil Aire al interior de la bomba	9	7	8	504	Riesgo de fallo alto
Fajas	2	Transmitir energía	B	Energía poco constante	1	Engolamiento en las fajas	Holguras entre la polea y la faja que transmite potencia	Desalineación y desbalance en la polea Desajuste en los pernos de sujeción de la polea Excedió su vida útil la polea y faja	8	5	6	240	Riesgo de fallo medio
Motor eléctrico	3	Dar energía a la fresadora	C	Falla del motor eléctrico	1	Motor el eléctrico no energizado	Bobina no genera campo magnético para la corriente	Bobina expiró su vida útil Desajuste en las conexiones de fase	8	8	9	576	Riesgo de fallo alto
Mesa de procesos	4	Fijar las piezas a utilizar por la fresadora	D	Inestabilidad de las piezas	1	La mesa de procesos se mueve constantemente	Vibraciones en la mesa de proceso	Engranajes con dientes deteriorados Falta de lubricación Cadena rota, cumplió su ciclo de vida	6	6	5	180	Riesgo de fallo medio

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Hoja de decisión de R.C.M

Las siguientes tablas muestran el desarrollo de las hojas de decisión RCM, de esta forma se determinaron las tareas a realizar, así como la frecuencia de las mismas y el personal a cargo del desarrollo.

Tabla 14. Resultado de la hoja de decisión del equipo torno paralelo

Equipo: Torno paralelo														
Referencia			Referencia de información			H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea de mantenimiento	Frecuencia Inicial	Encargado
						S1	S2	S3	H4	H5	S4			
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
							N1	N2	N3					
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N	Ajuste del tornillo de potencia	Semanal	Mecánico		
										Inspección de la alineación del carro	Semanal	Mecánico		
										Verificación del estado de las guías	Semanal	Mecánico		
										Lubricación de los cojinetes del carro	Semanal	Mecánico		
1	A	2	N	S	N	S	N	N	S	Cambio de chaveta del carro transversal	Anual	Mecánico		
										Revisión de ajuste de la chaveta	Anual	Mecánico		
2	B	1	S	S	N	S	N	S	N	Ajuste de la tensión de los tornillos	Anual	Mecánico		
										Limpiar adecuadamente los contactos del tablero	Mensual	Electricista		
2	B	1	S	S	N	S	N	S	N	Revisión de conexiones eléctricas	Mensual	Electricista		
										Prueba funcionamiento de contactos	Mensual	Electricista		
3	C	1	S	N	N	S	N	S	N	Cebiar la bomba de aceite	Semestral	Mecánico		
										Inspección de fugas en la bomba	Semestral	Mecánico		
4	D	1	S	S	N	S	N	S	N	Reemplazo de sellos de la bomba	Semestral	Mecánico		
										Calibración del eje del motor y lubricación de rodamientos	Mensual	Mecánico		
										Verificación de la alineación del motor	Mensual	Mecánico		
										Reemplazo de rodamientos desgastados	Mensual	Mecánico		

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la frecuencia del mantenimiento se consideró el MTTF de la siguiente tabla, así como las sugerencias de los técnicos encargados del mantenimiento y el manual de usuario de cada equipo.

Tabla 15. Intervalo de mantenimiento para el torno paralelo

Tarea	Guía	Intervalo
Ajuste de tornillo de potencia	MTTF (Anexo 8)	8 días Semanal
Inspección de la alineación del carro	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Verificación del estado de las guías	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Lubricación de los cojinetes del carro	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Cambio de chaveta del carro transversal	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Anual
Revisión de ajuste de la chaveta	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Anual
Ajuste de la tensión de los tornillos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Anual
Limpieza de contactores	MTTF (Anexo 8)	33 días Mensual
Revisión de conexiones eléctricas	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Prueba de funcionamiento de los contactos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Cebado de bomba	Manual de usuario (Anexo 9)	180 días Semestral
Inspección de fugas en la bomba	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Reemplazo de sellos de la bomba	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Calibración del eje y lubricación de rodamientos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	30 días Mensual
Verificación de la alineación del motor	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Reemplazo de rodamientos desgastados	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultado de la hoja de decisión del equipo banco de prueba

Equipo: Banco de pruebas													Tarea de mantenimiento	Frecuencia Inicial	Encargado	
Referencia		Referencia de información		H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea de mantenimiento						
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
													Cebiar la bomba	Semestral	Mecánico	
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpieza y lubricación de componentes	Semestral	Mecánico	
													Acondicionamiento de sellos de bombas	Semestral	Mecánico	
2	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpieza y lubricación de componentes	Mensual	Mecánico	
													Inspección de válvulas	Mensual	Mecánico	
													Verificación de sensores	Mensual	Mecánico	
3	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Cebiar la bomba	Semestral	Mecánico	
													Ajuste de parámetros de sistema	Semestral	Mecánico	
													Revisión de circuitos	Semestral	Mecánico	
4	D	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpieza y ajuste de mangueras	Semestral	Mecánico	
													Calibración de instrumentos	Semestral	Mecánico	
													Mantenimiento oportuno a sellos	Semestral	Mecánico	

Para determinar la frecuencia del mantenimiento del banco de prueba se utilizaron los manuales de usuario de las bombas, por otro lado, se consideró lo sugerido por los técnicos, puesto que es un equipo creado en la empresa.

Tabla 17. Intervalo de mantenimiento para banco de prueba

Tarea	Guía	Intervalo
Cebiar la bomba	Manual de usuario (Anexo 9)	180 días Semestral
Acondicionamiento de sellos de bombas	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Limpieza y lubricación de componentes	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	30 días Mensual
Inspección de válvulas	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Verificación de sensores	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Cebiar la bomba	Manual de usuario (Anexo 9)	180 días Semestral
Ajuste de parámetros de sistema	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Revisión de circuitos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Limpieza y ajuste de mangueras	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	180 días Semestral
Calibración de instrumentos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Mantenimiento oportuno a sellos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resultado de la hoja de decisión del equipo máquina de soldar

Equipo: Máquina de soldar

Referencia	Referencia de información							Acción a falta de			Tarea de mantenimiento	Frecuencia Inicial	Encargado		
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3				H4	H5
1	A	1	S	S	N	S	N	S	N				Limpieza de componentes eléctricos	Bimestral	Electricista
													Verificación del aislamiento de los cables	Bimestral	Electricista
													Prueba de funcionamiento del soldador	Bimestral	Electricista
2	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Revisión de contactos	Semanal	Electricista
													Inspección de la punta de soldadura	Semanal	Electricista
													Ajuste de la configuración de soldadura	Semanal	Electricista
3	C	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpieza de componentes externos	Mensual	Electricista
													Inspección de cables y conectores	Mensual	Electricista
													Lubricación de componentes	Mensual	Electricista

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la frecuencia del mantenimiento se consideró el MTTF de la siguiente tabla, y las sugerencias de los técnicos encargados del mantenimiento.

Tabla 19. Intervalo de mantenimiento para máquina de soldar

Tarea	Guía	Intervalo
Limpieza de componentes eléctricos	MTTF (Anexo 8)	70 días
Verificación del aislamiento de los cables	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Bimestral
Prueba de funcionamiento del soldador	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Revisión de contactos	MTTF (Anexo 8)	8 días
Inspección de la punta de soldadura	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Ajuste de la configuración de soldadura	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Limpieza de componentes externos	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	30 días
Inspección de cables y conectores	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual
Lubricación de componentes	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultado de la hoja de decisión del equipo taladro de columna

Equipo: Taladro de columna

Referencia	Referencia de información							Acción a falta de				Tarea de mantenimiento	Frecuencia Inicial	Encargado	
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4				H5
1	A	1	S	S	N	S	N	S	N				Revisar y limpiar conectores. Inspeccionar y limpiar cableado eléctrico. Prueba de la operatividad del interruptor.	Mensual Mensual Mensual	Electricista Electricista Electricista
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar cremallera Lubricar componentes móviles. Inspeccionar mesa del taladro.	Anual Anual Anual	Mecánico Mecánico Mecánico
3	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar chuck Cambiar broca y sujetadores Calibrar el sistema de mediciones	Anual Anual Anual	Mecánico Mecánico Mecánico
4	D	1	S	S	N	S	N	S	N				Revisar y ajustar fajas y perillas Inspeccionar la columna y base Verificar el sistema eléctrico.	Semestral Semestral Semestral	Mecánico Mecánico Mecánico

Para determinar la frecuencia del mantenimiento se consideró el MTTF de la siguiente tabla, así como las sugerencias de los técnicos encargados del mantenimiento y el manual de usuario de cada equipo.

Tabla 21. Intervalo de mantenimiento del taladro de columna

Tarea	Guía	Intervalo
Revisión y limpieza de conectores	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	30 días Mensual
Inspección y limpieza del cableado eléctrico	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Trimestral
Prueba de la operatividad del interruptor	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Trimestral
Cambio de cremallera	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Anual
Lubricación de componentes móviles	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Inspección de la mesa del taladro	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semanal
Cambio de Chuck	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Anual
Cambio de la broca y sujeciones	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Trimestral
Calibración del sistema de medición	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Trimestral
Revisión y ajuste de fajas y perillas	Manual de usuario (Anexo 10)	180 días Semestral
Inspección de la columna y base	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral
Comprobación del sistema eléctrico	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	Semestral

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resultados de la hoja de decisión del equipo fresadora

Equipo: Fresadora															
Referencia		Referencia de información						Acción a falta de			Tarea de mantenimiento	Frecuencia Inicial	Encargado		
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4				H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Cebiar la bomba de aceite	Semestral	Mecánico
													Inspección de fugas de aceite	Semestral	Mecánico
													Verificación del nivel de aceite	Semestral	Mecánico
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de fajas	Semestral	Mecánico
													Reemplazo de filtros de aceite	Semestral	Mecánico
													Reemplazo de fajas desgastadas	Semestral	Mecánico
3	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Rebobinado o cambio de bobina	Anual	Electricista
													Verificación de continuidad eléctrica	Anual	Electricista
													Prueba de resistencia de aislamiento de bobina	Anual	Electricista
4	D	1	S	S	N	S	N	S	N				Ajuste y lubricación de componentes	Mensual	Mecánico
													Revisión de mecanismos de bloqueo	Mensual	Mecánico
													Lubricación de guías y carriles	Mensual	Mecánico

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, para determinar el intervalo adecuado para el mantenimiento de la fresadora se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 23. Intervalo de mantenimiento de la fresadora.

Tarea	Guía	Intervalo	
Cebiar la bomba de aceite	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	180 días	Semestral
Inspección de fugas de aceite	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Semestral
Verificación del nivel de aceite	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Semestral
Cambio de fajas	Sugerencia de técnicos de mantenimiento	180 días	Semestral
Reemplazo de filtros de aceite	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Semestral
Reemplazo de fajas desgastadas	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Semestral
Rebobinado o cambio de bobina	MTTF (Anexo 8)	34,7 días	Mensual
Verificación de continuidad eléctrica	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Mensual
Prueba de resistencia de aislamiento de bobina	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Mensual
Ajuste y lubricación de componentes	Manual de usuario (Anexo 11)	30 días	Mensual
Revisión de mecanismos de bloqueo	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Mensual
Lubricación de guías y carriles	Sugerencia de técnicos de mantenimiento		Mensual

Fuente: Elaboración propia

2.2. Planes y Cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas

El plan de mantenimiento propuesto describe las actividades de mantenimiento a realizar, los materiales, herramientas, la frecuencia, el personal necesario, la condición de la máquina, y el tiempo necesario para realizar la actividad.

- Para las actividades: Se utilizaron las planteadas en las hojas de decisiones del RCM, tomando en cuenta las sugerencias del personal de mantenimiento quienes cuentan con mayor experiencia.
- Para el período o frecuencia: Los tiempos fueron extraídos de la hoja de decisión del RCM.
- Personal responsable: Se tomó en cuenta la actividad a realizar descrita en los AMEF, ya sea por la parte eléctrica o mecánica.
- Horas de la actividad: se consideró la experiencia del personal de mantenimiento, ya que son ellos los que montan y desmontan la máquina, y por supuesto, además del manual del fabricante, también se tiene en cuenta el control del tiempo de cada actividad.

El cronograma siguió la siguiente referencia para establecer la frecuencia de los mantenimientos que se establecieron:

Tabla 24. Leyenda de mantenimiento

S	Semanal
M	Mensual
B	Bimestral
6	Semestral
A	Anual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Plan de mantenimiento para el equipo torno paralelo

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal	Estado de equipo	Tiempo requerido
Carro transversal	Ajustar	Ajuste de tornillo de potencia	-	Juego de llaves	Semanal	Mecánico	Apagado	1h
Carro transversal	Cambiar	Cambio de chaveta del carro transversal	-	Juego de llaves	Anual	Mecánico	Apagado	2h
Tablero eléctrico	Limpiar	Limpieza de contactores	Limpia contacto	-	Mensual	Electricista	Apagado	40min
Bomba de aceite	Cebar	Cebado de bomba	Aceite	-	Semestral	Mecánico	Apagado	30min
Motor eléctrico	Calibrar y lubricar	Calibración del eje y lubricación de rodamientos	Lubricante	Juego de llaves	Mensual	Mecánico	Apagado	15min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Plan de mantenimiento para el equipo banco de prueba

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal	Estado de equipo	Tiempo requerido
Bomba hidráulica	Cebar	Cebado de bomba	Líquido hidráulico	-	Semestral	Mecánico	Apagado	30min
Enfriador de aceite hidráulico	Limpiar y lubricar	Limpieza y lubricación de componentes	Lubricante y trapo industrial	-	Mensual	Mecánico	Apagado	45min
Tanque de fluido hidráulico	Cebar	Cebado de bomba	Líquido hidráulico	-	Semestral	Mecánico	Apagado	30min
Mangueras hidráulicas	Limpiar y ajustar	Limpieza y ajuste de manguera	Trapo industrial	Juego de llaves	Semestral	Mecánico	Apagado	20min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Plan de mantenimiento para el equipo máquina de soldar

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal	Estado de equipo	Tiempo requerido
Transformador	Limpiar	Limpieza de componentes eléctricos	Limpia contacto	-	Bimestral	Electricista	Apagado	20min
Conductos eléctricos	Revisar	Revisión de contactos	-	Multímetro	Semanal	Electricista	Apagado	5min
Porta electrodos	Limpiar	Limpieza de componentes externos	Trapo industrial	-	Mensual	Electricista	Apagado	20min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Plan de mantenimiento para el equipo taladro de columna

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal	Estado de equipo	Tiempo requerido
Motor eléctrico	Revisar y limpiar	Revisión y limpieza de contactores	Limpia contacto	-	Mensual	Electricista	Apagado	45min
Cremallera	Cambiar	Cambio de cremallera	-	Juego de llaves	Anual	Mecánico	Apagado	2h
Chuck de brocas	Cambiar	Cambio de Chuck de brocas	-	Juego de llaves	Anual	Mecánico	Apagado	2h
Fajas y perillas	Revisar y ajustar	Revisión y ajuste de fajas y perillas	-	Juego de llaves	Mensual	Mecánico	Apagado	30min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Plan de mantenimiento para el equipo fresadora

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal	Estado de equipo	Tiempo requerido
Bomba de aceite	Cebar	Cebado de bomba	Aceite	-	Semestral	Mecánico	Apagado	30min
Fajas	Cambiar	Cambio de fajas	-	Juego de llaves	Semestral	Mecánico	Apagado	2h
Motor eléctrico	Ajuste	Ajuste de conexión de fases	-	Juego de llaves	Mensual	Electricista	Apagado	30min
Mesa de procesos	Ajustar y lubricar	Ajuste y lubricación de componentes	Lubricante	Juego de llaves	Mensual	Mecánico	Apagado	45min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Cronograma de mantenimiento de equipo torno paralelo

Torno paralelo		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Componente	Descripción de actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Carro transversal	Ajuste de tornillo de potencia	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Carro transversal	Cambio de chaveta del carro transversal																																																
Tablero eléctrico	Limpieza de contactores	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
Bomba de aceite	Cebado de bomba	6																								6																							
Motor eléctrico	Calibración del eje y lubricación de rodamientos	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Cronograma de mantenimiento de equipo banco de prueba

Banco de pruebas		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Componente	Descripción de actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Bomba hidráulica	Cebado de bomba	6																								6																							
Enfriador de aceite hidráulico	Limpieza y lubricación de componentes	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
Tanque de fluido hidráulico	Cebado de bomba	6																								6																							
Mangueras hidráulicas	Limpieza y ajuste de manguera					6																								6																			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cronograma de mantenimiento de equipo máquina de soldar

Máquina de soldar		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Componente	Descripción de actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Transformador	Limpieza de componentes eléctricos	B								B								B								B								B															
Conductos eléctricos	Revisión de contactos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
Porta electrodos	Limpieza de componentes externos		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Cronograma de mantenimiento de equipo taladro de columna

Taladro de columna		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Componente	Descripción de actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Motor eléctrico	Revisión y limpieza de contactores	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
Cremallera	Cambio de cremallera																																																
Chuck de brocas	Cambio de Chuck de brocas																																																
Fajas y perillas	Revisión y ajuste de fajas y perillas		6																																														

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Cronograma de mantenimiento de equipo fresadora

Fresadora		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Componente	Descripción de actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Bomba de aceite	Cebado de bomba						6																																										
Fajas	Cambio de fajas						6																																										
Motor eléctrico	Ajuste de conexión de fases		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M						
Mesa de procesos	Ajuste y lubricación de componentes	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							

Fuente: Elaboración propia

3. Evaluación económica

3.1. Beneficios

Para determinar los beneficios se contempló una mejora de un 19%, obtenida por los autores Quiroz y Ramírez [12]. De esta forma halló que la productividad llegó a un valor de 68,56%. Estos datos se observan en el Anexo 12 con la productividad inicial y en el Anexo 13 con la productividad estimada.

3.2. Costos

Dentro de los costos se halló el costo de implementación de la metodología RCM, así como el costo de una nueva área de mantenimiento, de esta forma mantener la producción constante. Los datos se detallan en los Anexos 14 y 15, donde se tiene que el costo de implementación de la metodología RCM es de S/.10 512,25 y el costo del área de mantenimiento es de S/.120 400,00 anualmente.

3.3. Flujo de caja

De esta forma se terminaron los beneficios económicos, a través de un flujo de caja. Donde se determinó que el proyecto tiene un VAN positivo de S/.13 655,25. Asimismo, se halló un TIR de 60% y un costo beneficio de 1,06.

Tabla 35. Flujo de caja

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión						
Implementación de RCM	S/10 512,25					
Total de inversión	S/10 512,25					
Egresos						
Mantenimiento		S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00
Total de egresos	S/10 512,25	S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00	S/120 400,00
Beneficios						
Productividad mejorada		S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44
Total de beneficios	S/0,00	S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44	S/127 375,44
Flujo de caja	-S/10 512,25	S/6 975,44	S/6 975,44	S/6 975,44	S/6 975,44	S/6 975,44
Utilidad acumulada	-S/10 512,25	-S/3 536,81	S/3 438,63	S/10 414,07	S/17 389,51	S/24 364,95
Valor actual neto (VAN)	S/13 655,25					
TIR	60,0%					
TMAR	13,6%					
B/C	1,06					

Discusiones

Dentro del primer objetivo se determinó el estado actual de la empresa considerando los indicadores de mantenimiento como el MTBF, MTTR y disponibilidad, teniendo un valor de 7,95 horas, 2,28 horas y 77,22% respectivamente, a comparación de lo que presenta Paoprasert et al. [5] en su investigación, que menciona valores de 2,7 horas para el MTBF y de 5,2 minutos para el MTTR, por otro lado, Piechnicki et al. [4] utilizando la misma metodología, determinó una disponibilidad inicial mayor que hallada en la presente investigación, con un valor de 94%, asimismo, los valores de MTBF y MTTR fueron de 4,86 días y 1,55 horas, respectivamente. Por otro lado, la investigación presente muestra una productividad inicial de 57,62%, que se asemeja a hallada por la investigación de Quiroz y Ramírez [11], llegando a un valor de 58%, por otro lado, Mesones [10] determinó una productividad aún menor, con un valor de 42,25%.

La metodología escogida es el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), de esta forma se utilizó la herramienta análisis de modo y efectos de falla (AMEF) para determinar las fallas más frecuentes de los equipos, Alemán [8] utilizó la misma metodología y realizó el mismo análisis con la herramienta mencionada, de esta forma determinó la existencia de riesgo de fallo elevado en ciertos sistemas eléctricos, por otro lado, González [6] utilizó un AMEFC, determinando no solo las fallas frecuentes, sino también la criticidad de estas mismas. Paoprasert et al. [5] realizó también un AMEF, por lo que es la herramienta más utilizada dentro de la metodología RCM.

Considerando el tercer objetivo, se determinó que dentro de los indicadores económicos se observó un TIR de 53,2%, este valor está muy por encima del señalado por González [6], puesto que, él obtuvo un TIR de 26%. Mesones [10] afirma que la propuesta de implementación tuvo un costo de S/16 144,00 por la gran cantidad de persona que se debe capacitar, además del número de actividades que debe realizar, por otro lado Benites y Minaya [12] determinaron que el sistema de gestión de mantenimiento que realizaron tuvo una inversión de \$12 250,00 por el mismo motivo de gran cantidad de personal por capacitar y un número elevado de actividades, por otro lado, la presente investigación señala que la inversión inicial tan solo sería de S/4 500,00, esto se debe al tamaño de la empresa y las actividades que debe hacer para realizar la gestión de mantenimiento de forma adecuada.

Conclusiones

Dentro del diagnóstico inicial se obtuvo que existe un total de 380,5 horas de parada o de tiempo de reparación a lo largo de un año, considerando 167 fallas como total, asimismo, se obtuvo que el mes con más horas paradas fue el de octubre, con un total de 42 horas. Por otro lado, considerando los indicadores de mantenimiento, se obtuvo como MTBF un total de 7,95 horas, del mismo modo se determinó el MTTR con un valor 2,28 horas y una disponibilidad del 77,72%. Se determinó utilizando la eficiencia y la eficacia una productividad de 57,62%. Posteriormente, el análisis de criticidad determinó 5 equipos críticos, el torno paralelo, el banco de pruebas, la fresadora, la máquina de soldar y el taladro columna, seguidamente se realizó el árbol de fallas.

Para la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento se optó por utilizar la metodología RCM, puesto que es la que mejores beneficios da en un corto periodo de tiempo y a la vez tiene un costo menor. Por otro lado, para diseñar el plan de mantenimiento se realizó un análisis de modo y efectos de falla, de esta forma, se determinaron los principales problemas de los equipos críticos y utilizando una hoja de decisiones de RCM se hallaron las tareas ideales para mantener los equipos con una disponibilidad elevada. Se determinaron 11 problemas que son considerados con un riesgo de fallo elevado, donde se consideró pertinente mantener un control más elevado. Posteriormente, considerando la hoja de decisiones RCM se determinó el plan de mantenimiento adecuado para los equipos críticos.

Para determinar la evaluación económica se consideró una investigación, donde se logra incrementar la productividad en un 19%, de esta forma se determinó que la productividad de la presente investigación llegaría a un 68,56%. Además de generar un ingreso de S/10 614,12. Por otro lado, la implementación de la metodología de mantenimiento RCM tuvo un costo total de S/10 512,25 y el área de mantenimiento de S/120 400,00 anualmente. El flujo de caja ayudó a determinar los indicadores económicos, llegando a un VAN positivo de S/13 655,25 y a la vez un TIR de 60%, así como un costo beneficio de 1,06

Bibliografía

- [1] J. Cárcel, A. Martínez, F. Salas, M. Pascual y J. Albiol, «Efecto de la mala gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento,» *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 11, nº 1, pp. 89-107, 2022.
- [2] E. Guerra y A. de Oca, «Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería,» *Boletín de Ciencias de la Tierra*, nº 45, pp. 14-21, 2019.
- [3] C. Moscoso, A. Fernández, G. Viacava y C. Raymundo, «Integral model of maintenance management based on TPM an RCM principle to increase machine availability in manufacturing company, » *Human Interaction and Emerging Technologies*, vol. 1018, pp. 878-884, 2020.
- [4] F. Piechnicki, C. Santos, E. Loures y E. Santos, «Análisis del despliegue de RCM en la producción de madera: mejorando la productividad y aumentando la confiabilidad del sistema,» *Independt Journal of Management & Production* , vol. 10, nº 6, pp. 2148-2168, 2019.
- [5] N. Paoprasert, W. Y. Lin y T. Muneekaew, «Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la máquina de apriete de tornillo del sistema de producción de unidades de disco duro,» *Journal of Machine Engineering*, vol. 22, pp. 124-137, 2022.
- [6] M. C. González, «Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para maximizar la productividad del bombeo de aguas residuales en la empresa EP-MAPSE,» Guayaquil, 2022.
- [7] J. Molina, «Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable en Tixán Etapa EP "Modulo II",» Cuenca, 2020.
- [8] D. Alemán, «Diseño de un plan de gestión mantenimiento basado en RCM, para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licoram en la ciudad de Ibarra,» Quito, 2022.
- [9] L. A. Lázaro, «Mejora de la gestión de mantenimiento mediante la metodología RCM para incrementar la productividad de los equipos de construcción civil de la empresa CSR21 S.A.C.,» Lima, 2021.

- [10] A. M. Mesones, «Propuesta de un sistema de gestión del mantenimiento de la empresa agronegocios Sicán S.A.C. para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2020.
- [11] E. F. Quiroz y D. F. Ramirez, «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,» Lima, 2020.
- [12] L. A. Benites y v. M. Minaya, «Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aumentar la capacidad de producción en la red de oxígeno de una empresa industrial,» Trujillo, 2021.
- [13] H. E. Arévalo, «Diseño de sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa Peruspast S.R.L.,» Chiclayo, 2021.
- [14] L. Grijalbo Fernández, Determinación y comunicación del Sistema de Gestión Ambiental, junio de 2017 ed., Tutor Formación, 2017.
- [15] S. Okwuobi, F. Ishola, O. Ajayi, E. Salawu, A. Aworinde, O. Olatunji y A. E. Akinlabi, «Un estudio de mantenimiento centrado en la confiabilidad para una máquina formadora de secciones individuales,» *Maquinas*, 2018.
- [16] P. Muchiri, L. Pintelon, L. Gelders y H. Martin, «Desarrollo del marco e indicadores de medición del desempeño de la función del mantenimiento,» *Revista Internacional de Economía de la Producción*, vol. 131, nº 1, pp. 295-302, 2011.
- [17] N. Sembiring, N. Panjaitan y A. F. Saragih, «La programación del mantenimiento del motor utilizando el método de mantenimiento centrado en la confiabilidad y la identificación de la aplicación 5S en PT. XYZ,» *Serie de Conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales*, 2018.
- [18] J. Sierra, «Linked In,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/sobre-el-indicador-disponibilidad-en-mantenimiento-sierra-porta#:~:text=Representa%20el%20porcentaje%20de%20tiempo,se%20encuentra%20apto%20y%20operativo>.
- [19] M. C. Gasca, L. L. Camargo y B. Medina, «Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial,» *Información Tecnológica*, vol. 28, nº 4, pp. 111 - 124, 2017.
- [20] I. Gallará y D. Pontelli, *Mantenimiento Industrial*, 1 ed., Córdoba: Universitas - Editorial Científica Universitaria, 2017.

- [21] T. Fontalvo, E. De la Hoz y J. Morelos, «La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional,» *Dimensión Empresarial*, vol. 16, n° 1, 2018.
- [22] O. Campos, G. Tolentino, M. Toledo y R. Tolentino, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos,» *Científica*, vol. 23, n° 1, pp. 51-59, 2019.
- [23] A. Chávez, E. Ticllasuca, J. Rodríguez, F. Jean, K. Plasencia, K. Guillen y T. Geldres, «Implementación de un plan de mejoras para disminuir los costos operativos de una empresa manufacturera, » *Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions*, pp. 1-10, 2022.
- [24] Y. Llonto, L. Vela, C. León, G. Morales, K. Gonzales y S. Fernández, «Propuesta metodológica para el análisis económico-financiero de proyectos asociativos con enfoque de cadena de valor,» *Ciencias Latina*, vol. 5, n° 4, pp. 4233-4252, 2020.
- [25] J. M. Huamani Caman y D. Torres Vera, *Gestión de Mantenimiento para la mejora de la productividad del área de Mantenimiento de la Empresa Grupo Entretenedores S.A.C, Santiago de Surco - 2019*, Lima: Universidad César Vallejo, 2019.
- [26] A. M. Mesones Alvitres, *Propuesta de un sistema de gestión del mantenimiento en la empresa agronegocios Sicán S.A.C para incrementar su productividad.*, Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, 2020.
- [27] F. A. Rodríguez Castro, *Propuesta para la implementación de un Modelo de Gestión de*, Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [28] A. Rodríguez Machado, *Manual de Gestión de Mantenimiento*, Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu de las Villas", 2012.
- [29] P. Viveros , R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo,» *Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, n° 1, pp. 125 - 138, 2013.
- [30] E. García Mallqui, *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad dela empresa Uesfalia Alimentos S.A., U. P. d. Norte, Ed., Lima, 2016.*
- [31] S. García Garrido, *Organización y gestión integral del mantenimiento*, Madrid: Diaz de Santos S.A., 2010.
- [32] C. H. Tuay Diaz y C. F. Laverde Miranda, *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de oleo neumática, mecatrónica, hidráulica y*

neumática del centro industrial de mantenimiento de Girón, Universidad de Santander, 2016.

- [33] C. Botero, *Mantenimiento preventivo*, 1991.
- [34] A. Cruz Jasso, *Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa Agr-rackend*, Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, 2011.
- [35] E. Zambrano, A. Prieto y R. Castillo, «Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas,» *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, vol. 17, n° 3, pp. 495-511, septiembre-diciembre 2015.
- [36] Y. M. Victorio Rojas, *Propuesta de mejora aplicando TPM en el área de producción de la empresa Montalván Verástegui SAC*, Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
- [37] G. Barrientos Medina, *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF*, Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2017.
- [38] J. D. Arrustico Loyola, *Propuesta de una gestión de mantenimiento de clase mundial para incrementar la productividad en refinerías de petróleo en el Perú- 2020*, Lima: Universidad Privada del Norte, 2020.
- [39] F. N. Linares Campos, *Gestión de mantenimiento para mejorar la productividad en la Empresa Despensa Peruana S.A.*, 2020: Universidad César Vallejo, 2020.
- [40] F. Gonzáles Fernández, *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*, Primera ed., Bogotá: Ediciones de la U, 2014.
- [41] C. A. Parra Márquez y A. C. Crespo Márquez, *Desarrollo y aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento*, Sevilla: Asociación para el desarrollo de la ingeniería de mantenimiento, 2012.
- [42] N. Canahua Apaza, «Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica,» *Industrial Data*, vol. 24, n° 1, pp. 49-76, Julio 2021.
- [43] D. E. Mantilla Tanta y S. . L. Pereyra Chavez, **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES AYBAR**, Cajamarca: Facultad de ingeniería de la Universidad Privada del Norte, 2018.

- [44] V. A. Guevara Jiménez, APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y PLANIFICADO PARA REDUCIR LOS COSTOS DEL MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA, AÑO 2019, Lima: Facultad de ingeniería de la Universidad Privada del norte, 2021.

Anexos

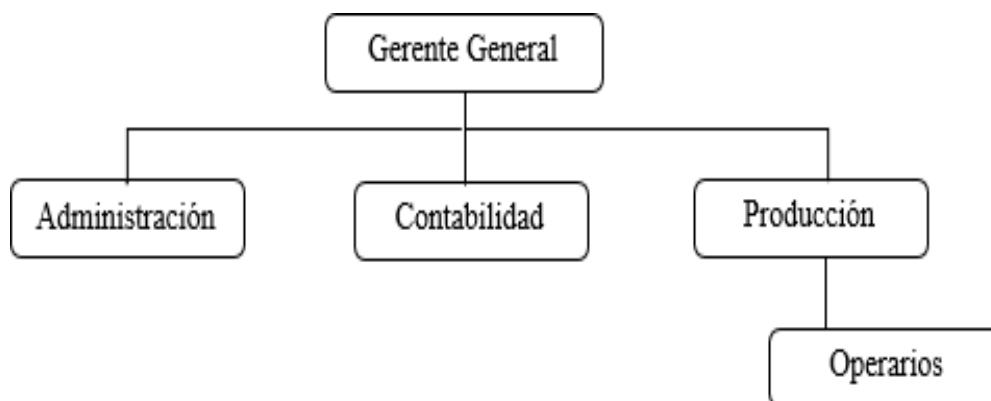
Anexo 1. Datos generales de la empresa.

Nombre de la Empresa:	Hidráulica Servinorte S.A.C.
RUC:	20601816106
Fecha de Fundación:	28/06/2018
Dirección Principal:	Av. Venezuela N° 3460 distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque – Perú
Representante Legal:	Luigui Jhordan, Chuzón Soracruz
Actividad Económica:	Venta de componentes hidráulicos, servicio de mantenimiento y reparación de maquinaria pesada, agrícola e industrial, fabricación de piezas en serie en torno y taladrado fresador.

Fuente: Hidráulica Servinorte S.A.C.

Elaboración propia

Anexo 2. Organigrama general de la empresa



Fuente: Hidráulica Servinorte S.A.C

Anexo 3. Pérdidas económicas por utilidades no percibidas en la producción de cilindros hidráulicos en la empresa Hidráulica Servinorte SAC en el año 2021.

Mes	Cilindros programados (Cilindros/mes)	Cilindros fabricados	Perdida de producción (Cilindro/mes)		Pérdida económica
Enero	14	10	4	S/	21 229,24
Febrero	14	10	4	S/	21 229,24
Marzo	14	10	4	S/	21 229,24
Abril	14	10	4	S/	21 229,24
Mayo	14	10	4	S/	21 229,24
Junio	14	8	6	S/	31 843,86
Julio	14	11	3	S/	15 921,93
Agosto	14	7	7	S/	37 151,17
Setiembre	14	10	4	S/	21 229,24
Octubre	14	12	2	S/	10 614,62
Noviembre	14	11	3	S/	15 921,93
Diciembre	14	10	4	S/	21 229,24
Total	168	119	49	S/	260 058,19

Fuente: Empresa Hidráulica Servinorte S.A.C

Anexo 4. Productividad de la empresa Hidráulica Servinorte S.A.C.

Productos programados	Productos producidos	Eficacia	Horas programadas	Horas trabajadas	Eficiencia	Productividad
14	10	71,4%	168	143	85,1%	60,80%
14	10	71,4%	160	134,5	84,1%	60,04%
14	10	71,4%	184	150,5	81,8%	58,42%
14	10	71,4%	176	151,5	86,1%	61,49%
14	10	71,4%	168	140	83,3%	59,52%
14	8	57,1%	176	149,5	84,9%	48,54%
14	11	78,6%	184	144,5	78,5%	61,70%
14	7	50,0%	168	150	89,3%	44,64%
14	10	71,4%	176	141,5	80,4%	57,43%
14	12	85,7%	168	121	72,0%	61,73%
14	11	78,6%	176	134	76,1%	59,82%
14	10	71,4%	184	147,5	80,2%	57,26%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Tiempos disponibles de los equipos de producción.

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	TOTAL	UNIDAD
	Tiempos laborables	2 504,00	
Torno	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
Paralelo	Tiempo de preparación	400,00	
	Tiempos de paradas no programadas	171,50	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Taladro	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
Columna	Tiempo de preparación	156,50	
	Tiempos de paradas no programadas	161,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Fresadora	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	224,32	
	Tiempos de paradas no programadas	128,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Máquina de Soldar	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	250,00	
	Tiempos de paradas no programadas	136,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Banco de Pruebas	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	245,18	
	Tiempos de paradas no programadas	261,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Sierra de Cinta Eléctrica	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	286,92	
	Tiempos de paradas no programadas	85,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Esmeril	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	320,00	
	Tiempos de paradas no programadas	74,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Prensa Hidráulica	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	280,00	
	Tiempos de paradas no programadas	85,50	
	Tiempos laborables	2 504,00	
Compresor de Aire	Tiempos no laborables	416,00	horas/año
	Tiempo de preparación	266,05	
	Tiempos de paradas no programadas	72,00	
	Tiempos laborables	2 504,00	

Anexo 6. Valor de S, O y D

TABLA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE GRAVEDAD, OCURRENCIA Y DETECCIÓN			
Ponderación	Gravedad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligro imprevisible	Muy alta	Casi imposible
9	Peligro previsible	Falla es casi inevitable	Muy remota
8	Muy alto	Alta	Remota
7	Alto	Fallado frecuentemente	Mínima
6	Moderado	Moderada	Muy baja
5	Bajo	Experimento fallas	Baja
4	Muy bajo	Ocasional	Altamente moderada
3	Pequeño	Baja	Moderado
2	Muy pequeño	Muy baja	Muy alta
1	Ninguno	Remota	Casi seguro

Anexo 7. Consideración de NPR

0	No existe falla
1- 124	Riesgo de falla bajo
125 - 499	Riesgo de fallo medio
500 -1000	Riesgo de fallo alto

Anexo 8. MTTF

Componente	Avería	Motivo	Tiempo operativo	# de averías	MTTF (h)	MTTF (días)
Carro transversal	Vibraciones en el carro transversal	Desajuste de elementos dinámicos	1 536	8	192	8
Tablero eléctrico	Cortes de conexión del tablero eléctrico	Conexiones sulfatadas	1 589	2	794,50	33,1
Transformador	Baja capacidad en el puente rectificador	Se sulfato el disipador de calor del puente rectificador	1 673	1	1673,00	69,7
Conductores eléctricos	Demora en el arranque de máquina	Conexiones flojas por desgaste de arandelas de presión	1 673	9	185,89	7,7
<u>Motor eléctrico</u>	<u>Motor des energizado</u>	<u>Conector suelto y desprendido</u>	1 648	2	824,00	34,3

Anexo 9. Extracto del manual de usuario para bomba de aceite

Inspecciones trimestrales

Realice las siguientes tareas cada tres meses:

- Controle que la base y los pernos de sujeción estén ajustados.
- Controle el sello mecánico si la bomba estuvo sin funcionar y reemplácelo si es necesario.
- Cambie el aceite cada tres meses (2000 horas de funcionamiento) como mínimo.
 - Cambie el aceite con más frecuencia si hay condiciones atmosféricas adversas u otras condiciones que puedan contaminar o descomponer el aceite.
- Controle el alineamiento del eje y vuelva a alinearlo si es necesario.

Anexo 10. Extracto del manual de usuario para taladro de columna

Semestralmente:

- a. Dar un cuidadoso mantenimiento a la caja de poleas
- b. Revisar la tensión de las correas o bandas y ajustar si es necesario.
- c. Revisar el circuito eléctrico.

Anexo 11. Extracto del manual de usuario para una fresadora

Mensual	Mesa de fresado	Aceitado	<ul style="list-style-type: none"> • Engrase todas las superficies de acero desnudo. Utilice aceite sin ácido.
---------	-----------------	----------	---

Anexo 12. Diagnóstica inicial

CAUSA	PROPUESTA	PRODUCTIVIDAD INICIAL	PÉRDIDA ECONÓMICA	% DE MEJORA EN INVESTIGACIONES
Falta de mantenimiento	Mantenimiento con metodologíaRCM	57,62%	S/ 21 671,52	19 % [11]

Anexo 13. Productividad estimada

PRODUCTIVIDAD	BENEFICIOS
68,56%	S/ 10 614,62

Anexo 14. Costos de área de mantenimiento

	Cantidad	Salario Mensual	Subtotal
Planner de mantenimiento	1	S/2 800,00	S/2 800,00
Técnicos	4	S/1 450,00	S/5 800,00
Total			S/8 600,00

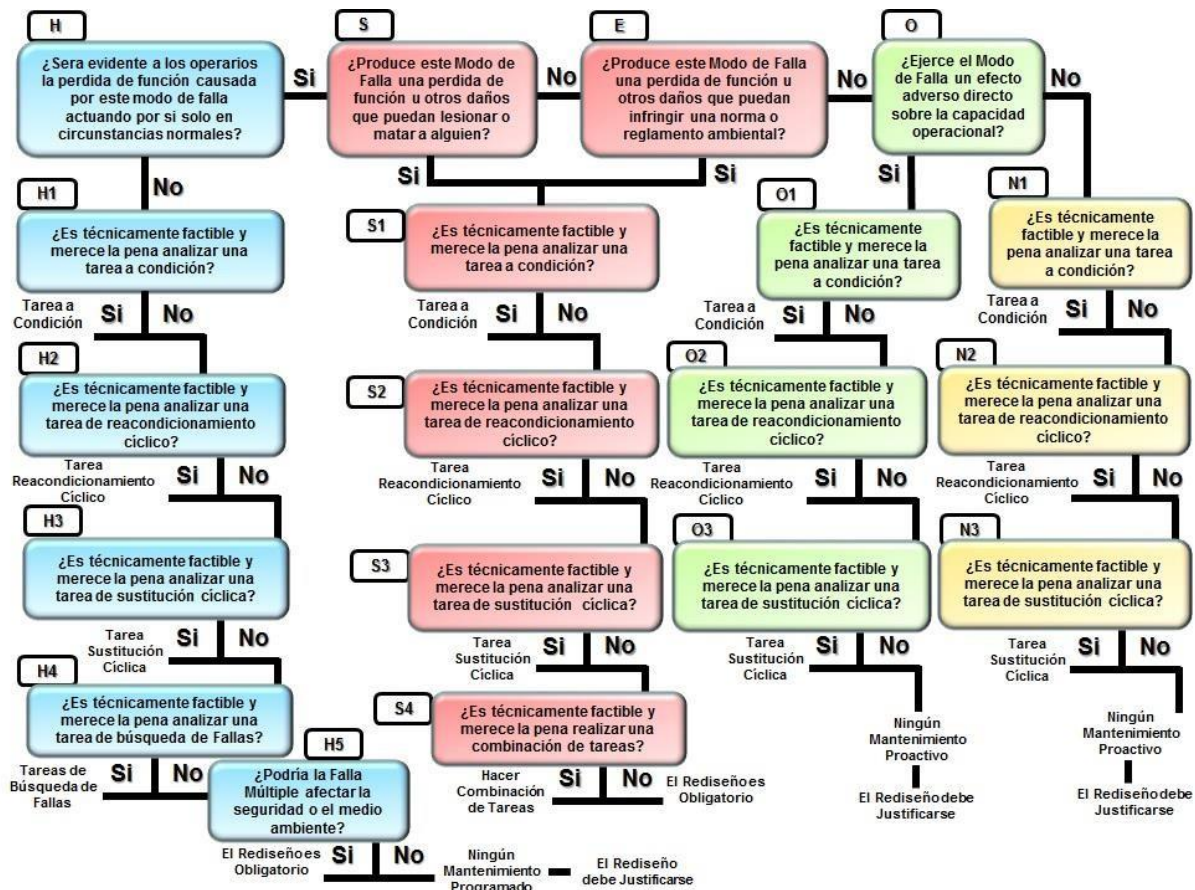
Anexo 15. Costos de implementación de RCM

Implementación de RCM	
Capacitación	S/ 1 100,00
Registros	S/ 900,00
Repuestos y herramientas	S/ 6 012,25
AMEF	S/ 2 500,00
Total	S/ 10 512,25

Anexo 16. Repuestos y herramientas

	Costo C/U	Cantidad	Subtotal
Juego de llaves	S/ 1 827,90	1	S/ 1 827,90
Chaveta de carro transversal	S/ 12,73	4	S/ 50,92
Limpia contacto	S/ 30,90	10	S/ 309,00
Aceite de bomba	S/ 187,88	4	S/ 751,52
Lubricante	S/ 35,90	4	S/ 143,60
Trapo industrial	S/ 7,90	15	S/ 118,50
Fluido Hidráulico	S/ 212,00	3	S/ 636,00
Mangueras	S/ 76,69	5	S/ 383,45
Multímetro	S/ 53,20	3	S/ 159,60
Contactos eléctricos	S/ 191,72	1	S/ 191,72
Cremallera de taladro	S/ 82,34	2	S/ 164,68
Chuck de brocas	S/ 26,84	4	S/ 107,36
Fajas	S/ 97,63	10	S/ 976,30
Perillas	S/ 38,34	5	S/ 191,70
TOTAL	S/ 2 881,97		S/ 6 012,25

Anexo 18. Flujoograma de decisiones RCM



Anexo 19. Ficha técnica de equipo torno paralelo

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO:	Torno Paralelo			UBICACIÓN:	Taller de mecánica		
FABRICANTE:				ÁREA:	Maestranza		
MARCA:	OERLIKON			CÓDIGO:	TORP-001		
MODELO/SERIE:	DM-2S						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO:	8000 kg	ALTURA:	400 mm	ANCHO:	2000 mm	LARGO:	3600 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Distancia entre punto 1000 mm Motor trifásico 220 v Plato universal de 8 pulgadas Velocidad 70 - 2000 rpm Rosca métrica y pulgadas Detención de freno de pie Longitud de bancada 180 mm Diámetro de volteo con escote 358 mm Diámetro de volteo sin escote 502 mm							



Anexo 20. Ficha técnica de equipo taladro columna

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO:	Taladro Columna			UBICACIÓN:	Taller de mecánica		
FABRICANTE:				ÁREA:	Maestranza		
MARCA:	REXON			CÓDIGO:	TACOL-001		
MODELO/SERIE:	ZAY7032FG						
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	420 kg	ALTURA:	1700 mm	ANCHO:	480 mm	LARGO:	600 mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Potencia 1 HP Motor trifásico 220 v Corriente 3.4 Velocidad 360 - 3060 rpm Frecuencia 60 Hz Tamaño del Chuck 20 mm Avance del Chuck 120 mm Tamaño de la mesa 290 mm * 290 mm Número de velocidades 12							

Anexo 21. Ficha técnica de equipo fresadora

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO:	Fresadora			UBICACIÓN:	Taller de mecánica		
FABRICANTE:				ÁREA:	Maestranza		
MARCA:	ELMAG			CÓDIGO:	FRES-001		
MODELO/SERIE:	X-8130						
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	600 kg	ALTURA:	1170 mm	ANCHO:	1210 mm	LARGO:	1170 mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Potencia del motor 50 Hz Motor trifásico 220 v Capacidad máxima de fresado porta cuchillas 63 mm Distancia porta piezas columna 175 mm Cabezal porta fresas giratorio 180° Recorrido desplazamiento Z 210 mm Recorrido desplazamiento Y 160 mm Recorrido desplazamiento X 220 mm Tamaño de la mesa 400 mm * 120 mm							

Anexo 22. Ficha técnica de equipo máquina de soldar

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO:	Máquina de soldar			UBICACIÓN:	Taller de mecánica		
FABRICANTE:				ÁREA:	Maestranza		
MARCA:	SOLANDINAS			CÓDIGO:	MASOL-001		
MODELO/SERIE:	R-330						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO:	110 kg	ALTURA:	730 mm	ANCHO:	460 mm	LARGO:	730 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Voltaje de entrada 220 v Motor trifásico 220 v Circuito de voltaje abierto 62 volts Capacidad de entrada 14.5 KVA Rango de ajuste de corriente 80 - 400 Amps Ciclo de trabajo 35% a 400 Amps Excelente desempeño con electrodos E6010 y E7018 Refrigeración interna Voltaje máximo 68 v							

Anexo 23. Ficha técnica de equipo banco paralelo

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO:	Banco de Pruebas			UBICACIÓN:	Taller de mecánica		
FABRICANTE:				ÁREA:	Maestranza		
MARCA:	Fabricado en taller			CÓDIGO:	BCPR-001		
MODELO/SERIE:							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO:	533 kg	ALTURA:	1600 mm	ANCHO:	1110 mm	LARGO:	900 mm
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Potencia 54 KW Caudal admitido para la prueba de 0 a 250 L/min. presión máxima 420 Bar Nota: El banco de pruebas ha sido específicamente diseñado para probar cilindros hidráulicos de doble y simple efecto, asimismo para probar cualquier tipo de bomba de circuito abierto o cerrado.							

Anexo 24. Ficha técnica de equipo sierra eléctrica

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO: Sierra de Cinta Eléctrica				UBICACIÓN: Taller de mecánica			
FABRICANTE:				ÁREA: Maestranza			
MARCA: JET				CÓDIGO: SCEL-001			
MODELO/SERIE:							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	146 kg	ALTURA:	355.6 mm	ANCHO:	50.8 mm	LARGO:	203. mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Potencia nominal 2 HP Tensión/frecuencia 220 v Altura de corte a 90° de 29 a 46 cm Capacidad de cinta 38 mm * 345 cm Velocidad de avance 1 180 m/min Mesa de trabajo 54 cm * 49 cm Inclinación de mesa 10° izquierda hasta 45° derecha Sierra de cinta de 136" * 5/8" 2 velocidades de avance							

Anexo 25. Ficha técnica de equipo esmeril

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO: Esmeril				UBICACIÓN: Taller de mecánica			
FABRICANTE:				ÁREA: Maestranza			
MARCA: MEBA				CÓDIGO: SMEL-001			
MODELO/SERIE: MDT-200							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	22 kg	ALTURA:	280 mm	ANCHO:	240 mm	LARGO:	380 mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Potencia nominal 2 HP Tensión/frecuencia 220 v Altura de corte a 90° de 29 a 46 cm Capacidad de cinta 38 mm * 345 cm Velocidad de avance 1 180 m/min Mesa de trabajo 54 cm * 49 cm Inclinación de mesa 10° izquierda hasta 45° derecha Sierra de cinta de 136" * 5/8" 2 velocidades de avance							

Anexo 26. Ficha técnica de equipo presan hidráulica

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO: Prensa Hidráulica				UBICACIÓN: Taller de mecánica			
FABRICANTE:				ÁREA: Maestranza			
MARCA: REXON				CÓDIGO: PHD-001			
MODELO/SERIE: PY50/35							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	980 kg	ALTURA:	1040 mm	ANCHO:	500 mm	LARGO:	870 mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Capacidad 100 Ton. Distancia de pistón a mesa 80 min/640 máximo Carrera del pistón 162 mm Capacidad del depósito 24 litros Caudal 14 L/min. Voltaje 220 v Corriente trifásica Potencia de motor 7,5 Hp Presión máxima 295 Bar							

Anexo 27. Ficha técnica de equipo compresor de aire

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO: Compresor de aire				UBICACIÓN: Taller de mecánica			
FABRICANTE:				ÁREA: Maestranza			
MARCA: HWAVO				CÓDIGO: CAIR-001			
MODELO/SERIE:							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:	101 kg	ALTURA:	770 mm	ANCHO:	380 mm	LARGO:	1000 mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO			
Capacidad 230 Lts Frecuencia 60 Hz velocidad de trabajo 3450 rpm Capacidad del depósito 200 litros Caudal 11.30 L/min. Voltaje 220 v Bombeo por minuto 330 lts/min. Potencia de motor 3 Hp Presión de trabajo 145 psi							

Anexo 28. Productividad de la empresa Hidráulica Servinorte de los periodos 2019 al 2021

Mes	Productos programados	Productos producidos	Eficacia	Horas programadas	Horas trabajadas	Eficiencia	Productividad
Periodo 2021							
Ene.	14	10	71,4%	168	143,0	85,1%	60,80%
Feb.	14	10	71,4%	160	134,5	84,1%	60,04%
Mar.	14	10	71,4%	184	150,5	81,8%	58,42%
Abr.	14	10	71,4%	176	151,5	86,1%	61,49%
May.	14	10	71,4%	168	140,0	83,3%	59,52%
Jun.	14	8	57,1%	176	149,5	84,9%	48,54%
Jul.	14	11	78,6%	184	144,5	78,5%	61,70%
Ago.	14	7	50,0%	168	150,0	89,3%	44,64%
Set.	14	10	71,4%	176	141,5	80,4%	57,43%
Oct.	14	12	85,7%	168	121,0	72,0%	61,73%
Nov.	14	11	78,6%	176	134,0	76,1%	59,82%
Dic.	14	10	71,4%	184	147,5	80,2%	57,26%
TOTAL							57,62%
Periodo 2020							
Ene.	14	9	64,3%	172	150,0	87,2%	56,06%
Feb.	14	10	71,4%	168	149,5	89,0%	63,56%
Mar.	14	8	57,1%	182	152,0	83,5%	47,72%
Abr.	14	12	85,7%	176	151,0	85,8%	73,54%
May.	14	11	78,6%	170	144,5	85,0%	66,79%
Jun.	14	12	85,7%	180	148,5	82,5%	70,71%
Jul.	14	11	78,6%	182	151,5	83,2%	65,40%
Ago.	14	11	78,6%	176	149,0	84,7%	66,52%
Set.	14	12	85,7%	184	144,0	78,3%	67,08%
Oct.	14	10	71,4%	172	136,5	79,4%	56,69%
Nov.	14	10	71,4%	184	140,0	76,1%	54,35%
Dic.	14	10	71,4%	184	147,5	80,2%	57,26%
TOTAL							62,14%
Periodo 2019							
Ene.	14	11	78,6%	170	152,0	89,41%	70,25%
Feb.	14	11	78,6%	160	154,5	96,56%	75,87%
Mar.	14	10	71,4%	184	152,5	82,88%	59,20%
Abr.	14	11	78,6%	176	154,5	87,78%	68,97%
May.	14	12	85,7%	168	146,0	86,90%	74,49%
Jun.	14	11	78,6%	176	150,5	85,51%	67,19%
Jul.	14	10	71,4%	184	154,5	83,97%	59,98%
Ago.	14	11	78,6%	168	150,0	89,29%	70,15%
Set.	14	13	92,9%	176	146,5	83,24%	77,29%
Oct.	14	12	85,7%	168	151,0	89,88%	77,04%
Nov.	14	10	71,4%	176	144,0	81,82%	58,44%
Dic.	14	12	85,7%	184	152,0	82,61%	70,81%
TOTAL							69,14%