



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“APLICACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS BASADO EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LA EMPRESA CONSTRUMAQ PERÚ S.A., LIMA 2019”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Hermann Andy Padilla Quispe

Asesor:

Ing. Ulises Abdón Piscoya Silva

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en todo momento y darme
fortaleza para seguir adelante por hacerme comprender
que a pesar de algunas dificultades en la vida nunca nos
abandonas.

A mi hijita, que es lo más hermoso que me ha dado la
vida, quien con su ternura y amor conquista mi corazón,
motivo de inspiración para las cosas que haré en
adelante.

A mi familia quienes siempre estarán a mi lado.
a mis padres por su apoyo constante y consejos para
salir adelante y hacer de mí un hombre de bien.

A mis hermanos que motivaron en mí el estudio y por
sus consejos y aportes en esta etapa.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte, su personal directivo, cuerpo administrativo, y en especial los profesores de esta casa de estudios por la oportunidad de compartir experiencias académicas y aprendizaje durante todo este tiempo.

A la empresa Construmaq, S.A. por permitirme realizar esta experiencia profesional y aplicar los conocimientos adquiridos durante mi etapa académica.

A mi familia por su apoyo durante estos este proceso de finalización de mi carrera profesional.

A todas las personas que de una y otra forma colaboraron para la realización de este Trabajo de Suficiencia Profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	47
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS	106
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fases de implementación del RCM</i>	32
Tabla 2. <i>Alineación de los objetivos de la investigación con las fases de implementación del RCM</i>	45
Tabla 3. <i>Equipos seleccionados para el análisis RCM</i>	50
Tabla 4. <i>Fallas más comunes de los equipos y máquinas de la empresa.</i>	57
Tabla 5. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD.</i>	59
Tabla 6. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Equipo para soldar mig.</i>	60
Tabla 7. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Dobladora o plegadora.</i>	61
Tabla 8. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Guillotina.</i>	63
Tabla 9. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Taladro manual.</i>	65
Tabla 10. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Taladro de columna (agujereadora) marca Besser.</i>	66
Tabla 11. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Esmeril manual.</i>	67
Tabla 12. <i>Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina moladora y tronzadora.</i>	68
Tabla 13. <i>Indicadores de y antes de la implementación.</i>	69
Tabla 14. <i>Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad antes de la implementación.</i>	70
Tabla 15. <i>Indicadores de calidad antes de la implementación.</i>	70
Tabla 16. <i>Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.</i>	71

Tabla 17. <i>Fallas más comunes detectadas en el seguimiento del proceso productivo.....</i>	75
Tabla 18. <i>Codificación de equipos seleccionados para el análisis RCM.....</i>	77
Tabla 19. <i>Análisis de fallas para la Matrizadora Bendicrop 60 SD</i>	78
Tabla 20. <i>Criterios para evaluar la gravedad de falla para la realización del AMEF.....</i>	79
Tabla 21. <i>Criterios para evaluar la Probabilidad de falla para la realización del AMEF</i>	79
Tabla 22. <i>Criterios para para evaluar la detección de falla para la realización del AMEF.....</i>	80
Tabla 23. <i>Evaluación de Gravedad (S), Frecuencia (O) y Detectabilidad (D) de las fallas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD.....</i>	80
Tabla 24. <i>Probabilidad de riesgo de las fallas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD</i>	81
Tabla 25. <i>Probabilidad de riesgo de las fallas luego de las acciones correctivas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD.....</i>	81
Tabla 26. <i>Plan de mantenimiento preventivo de la Matrizadora Bendicrop 60 SD.....</i>	82
Tabla 27. <i>Stock de repuestos para los equipos de la empresa Construmaq Perú S.A.....</i>	89
Tabla 28. <i>Indicadores de uso, disponibilidad y rendimiento después de la implementación.....</i>	90
Tabla 29. <i>Indicadores de calidad antes de la implementación.....</i>	92
Tabla 30. <i>Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.....</i>	92
Tabla 31. <i>Comparación de los gastos de mantenimiento en la empresa (en USD).....</i>	95
Tabla 32. <i>Estimación de los gastos incurridos en la implementación del RCM</i>	95
Tabla 33. <i>Flujo de caja proyectado sin implementación</i>	98
Tabla 34. <i>Flujo de caja proyectado con implementación.....</i>	98
Tabla 35. <i>Indicadores financieros</i>	99

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica de e la empresa.	13
<i>Figura 2.</i> Construcción de mezzanine metálico para oficinas en las tiendas de Happy Land Perú Mall Santa Anita, distrito de Santa Anita, año 2019.	15
<i>Figura 3.</i> Fabricación e instalación de escalera de servicio en las tiendas de Happy Land Perú. Real Plaza Puruchuco distrito de Ate, año 2019.	15
<i>Figura 4.</i> Instalación del panel publicitario para la Universidad Privada del Norte, distrito de Los Olivos 2018. Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)	16
<i>Figura 5.</i> Instalación y montaje de estructuras para juegos mecánicos en las tiendas de Happy Land Perú. Mall Santa Anita, distrito de Santa Anita año 2019.	16
<i>Figura 6.</i> Construcción e instalación del panel publicitario para la Universidad Privada del Norte, distrito de Los Olivos 2018.	17
<i>Figura 7.</i> Construcción y distribución de anaqueles en los almacenes de las oficinas centrales de Happy Land San Luis año 2019.	17
<i>Figura 8.</i> Instalación y montaje de anaqueles en los almacenes de tiendas de Happy Land Perú. Real Plaza Salaverry, distrito de Jesús María año 2018.	18
<i>Figura 9.</i> Reforzamiento de vigas peraltadas de concreto con vigas HD 10 x 30 pulgadas x libras/pie Mall del Sur, distrito de San Juan de Miraflores 2017.	18
<i>Figura 10.</i> Organigrama de la empresa.	20
<i>Figura 11.</i> Esquema de implementación del RCM.	35
<i>Figura 12.</i> Alineación de los objetivos de la investigación con las fases de implementación del RCM.	46
<i>Figura 13.</i> Diagrama de análisis de proceso.	49
<i>Figura 14.</i> Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD.	51

<i>Figura 15.</i> Equipo para soldar mig	51
<i>Figura 16.</i> Máquina Dobladora ZDMT.	52
<i>Figura 17.</i> Máquina Guillotina ZDMT.	52
<i>Figura 18.</i> Taladro manual.	53
<i>Figura 19.</i> Taladro de columna (agujereadora).	53
<i>Figura 20.</i> Esmeril manual.	54
<i>Figura 21.</i> Máquina tronzadora.	54
<i>Figura 22.</i> Ficha técnica Matrizadora Bendicop 60 SD.	55
<i>Figura 23.</i> Lista de piezas Matrizadora Bendicop 60 SD.	56
<i>Figura 22.</i> Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.	72
<i>Figura 23.</i> Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia global de planta.	74
<i>Figura 26.</i> Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia global de planta.	76
<i>Figura 27.</i> Registro de mantenimiento correctivo de equipo de la empresa Construmaq Perú S.A.	88
<i>Figura 28.</i> OEE después de la implementación.	93
<i>Figura 29.</i> Variaciones en la OEE antes después de la implementación.	94

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. número de probabilidad de riesgo de la falla (NPR).....	81
---	----

RESUMEN EJECUTIVO

El informe que se presenta a continuación expone los resultados de la experiencia profesional del investigador orientada a la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A., Lima 2019, A partir de la situación inicial en la que se detectó que se habían definido actividades de inspección a maquinarias y equipos, lo que genera reprocesos en los puntos finales del ciclo operativo, o el problema se soluciona en el sitio de instalación, lo que genera mala imagen frente al cliente. La experiencia permitió la aplicación de diversas herramientas de la Ingeniería Industrial como el análisis estadístico la evaluación por indicadores la determinación de causas y efectos y su representación visual y la determinación de prioridades a través de un diagrama de Pareto. para contrarrestar los problemas detectados inicialmente se elaboró un programa que incluyó plan de mantenimiento preventivo a los equipos incluidos en la intervención; creación de formatos de análisis y modos de fallas; formatos de control para el registro de mantenimiento correctivo y actualización de los inventarios de repuestos, con lo que se logró incrementar en 43.02% la confiabilidad de los equipos, lo que contribuyó a aumentar la disponibilidad en 96.09%, los niveles de producción en 4.04% y un incremento en 9.02% en la OEE.

Palabras clave: RCM, mantenimiento, análisis de modos y fallas, eficiencia general de equipos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Contextualización de la experiencia

La experiencia profesional que llevó a la realización del estudio se realizó como Supervisor de Planta, cargo bajo el cual se tuvo la responsabilidad de supervisar y liderar todos los procesos de producción y mantenimiento; realizar control de los gastos y el presupuesto asignado; mantener toda la maquinaria para asegurar el cumplimiento de los patrones de funcionamiento, crear e implementar los procedimientos respectivos, inspecciones periódicas de las instalaciones para detectar y resolver problemas, así como planificar y gestionar las actividades de reparación e instalación y asegurar el logro de las normas y procedimientos de seguridad.

Durante las actividades laborales efectuadas en la entidad, se hizo una evaluación de las opciones a aplicar para mejorar el mantenimiento mediante los conocimientos, las prácticas y las soluciones desarrolladas por la Ingeniería Industrial durante la formación académica del investigador. A partir de un análisis inicial, se planteó una problemática y sus soluciones, las cuales se presentan en este informe.

Para la solución del problema presentado, se utilizó la metodología denominada mantenimiento centrado en la confiabilidad (en lo adelante RCM), para lo cual se definieron las funciones y pautas de desempeño de los equipos, identificar las frecuencias y modos de falla de los equipos y sus causas, las consecuencias de estas fallas en el proceso productivo, para luego se procedió a las tareas preventivas, identificar alternativas de gestión y finalmente, elaborar el nuevo plan de mantenimiento que se adapte a las metas financieras y productivas de la empresa.

Descripción de la empresa

Construmaq Perú, S.A. es una organización especializada en el diseño, cálculo estructural, elaboración e instalación de estructuras metálicas de alta envergadura, que procura diferenciarse a través de los atributos de: sostenibilidad, entregas a tiempo, utilización de última tecnología y diseños de avanzada. Fue fundada en el año 2004 y se encuentra ubicada en la calle Francia 169 Los Portales de Javier Prado, en el distrito de Ate, en Lima Metropolitana. Está registrada bajo el RUC número 20556924245.

Su trayectoria en el mercado les permite día a día la optimización de todos los procesos, desde el diseño y acopio de material hasta su procesado y montaje en el campo. En la Figura 1 se puede apreciar su ubicación geográfica:

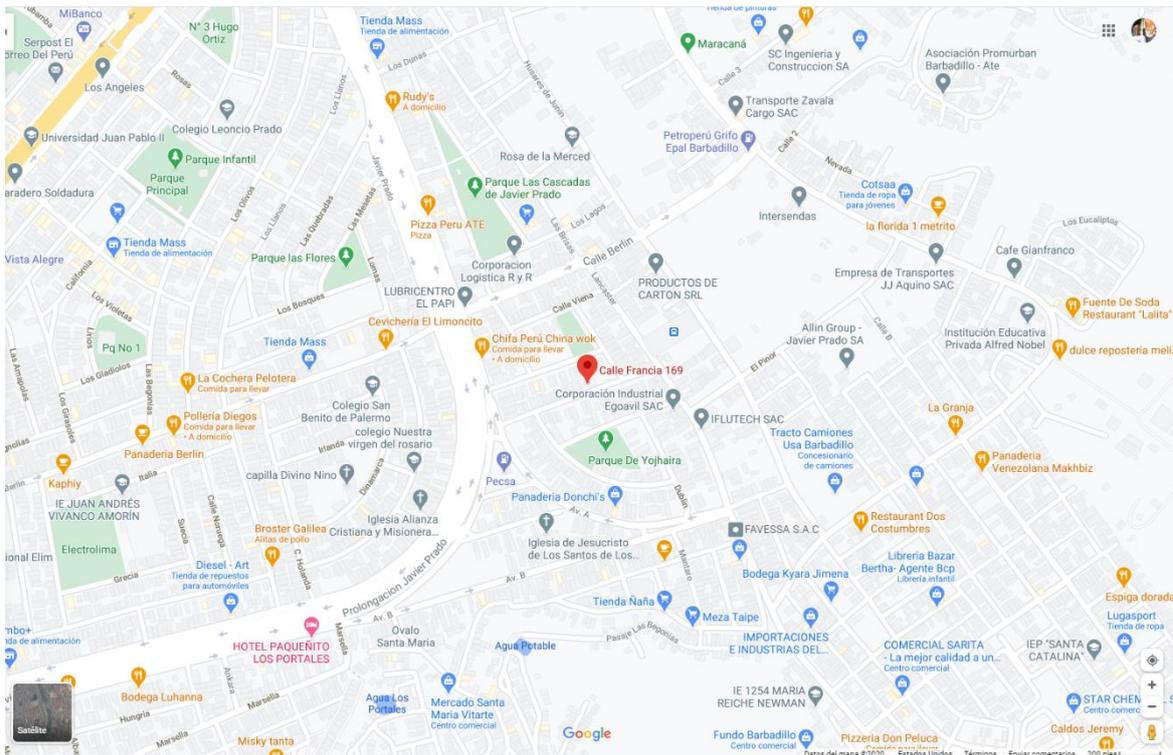


Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

Misión: la misión de la organización es brindar a sus clientes servicios de construcción de calidad, superando sus expectativas, usando la mejor tecnología, materiales y entregando seguridad al personal altamente calificado.

Visión: Ser reconocida a nivel nacional como una constructora de calidad, en el sector industrial, mejorando constantemente nuestros procesos, apoyados por el mejor equipo de colaboradores y trabajadores.

Valores: los valores de Construmaq Perú S. A. son los siguientes:

- Responsabilidad: Hacer cumplimiento en las fechas previstas de los pedidos y contratos convenidos con clientes y proveedores.
- Honestidad: Respeto a clientes socios y trabajadores, así como expresar con sinceridad las inquietudes y problemas.
- Honradez: Actuar con rectitud y transparencia frente a cualquier eventualidad.
- Unidad: Alcanzar los logros mediante el trabajo en equipo.
- Compañerismo: ser leal y solidario entre los colaboradores; fomentar las mejores relaciones y la armonía en los ambientes de trabajo.

Objetivos estratégicos de la empresa: el plan estratégico de la empresa está orientado al logro de los siguientes objetivos estratégicos:

- Hacer alcanzar la satisfacción de los clientes mediante la ejecución de obras acorde con sus exigencias.
- Mejorar los plazos de entrega de los proyectos y cumplir con las fechas que las empresas asociadas determinan para cada orden de trabajo.
- Incrementar la calidad mediante la superación los estándares en cada obra entregada en relación con la calificación que la empresa pudo haber obtenido previamente.
-

- Mantener al recurso humano motivado incentivado y capacitado; preocuparse por la participación del trabajador mediante sus ideas que contribuyan a la reducción de errores y el mejoramiento continuo y reconocer su desempeño.

Entre las Figura 2 al 9 se pueden apreciar distintas estructuras metálicas diseñadas, e instaladas por Construmaq Perú a sus clientes:



Figura 2. Construcción de mezzanine metálico para oficinas en las tiendas de Happy Land Perú Mall Santa Anita, distrito de Santa Anita, año 2019.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

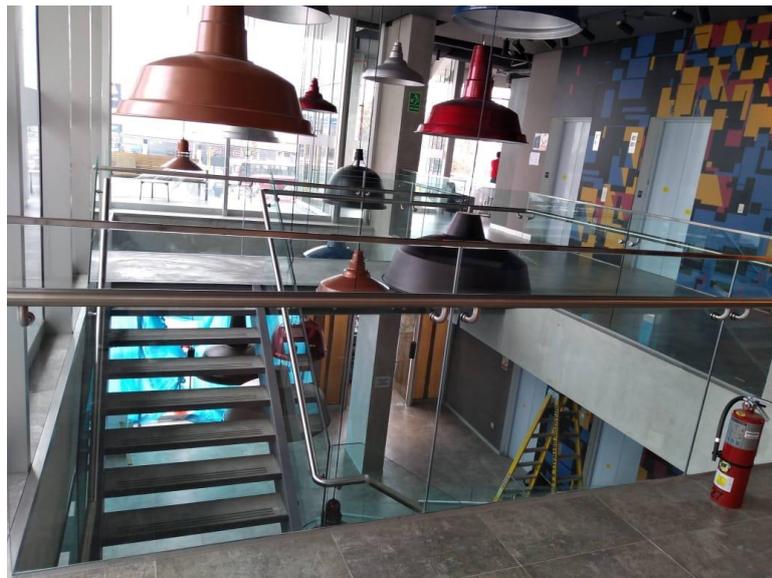


Figura 3. Fabricación e instalación de escalera de servicio en las tiendas de Happy Land Perú. Real Plaza Puruchuco distrito de Ate, año 2019.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 4. Instalación del panel publicitario para la Universidad Privada del Norte, distrito de Los Olivos 2018. Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

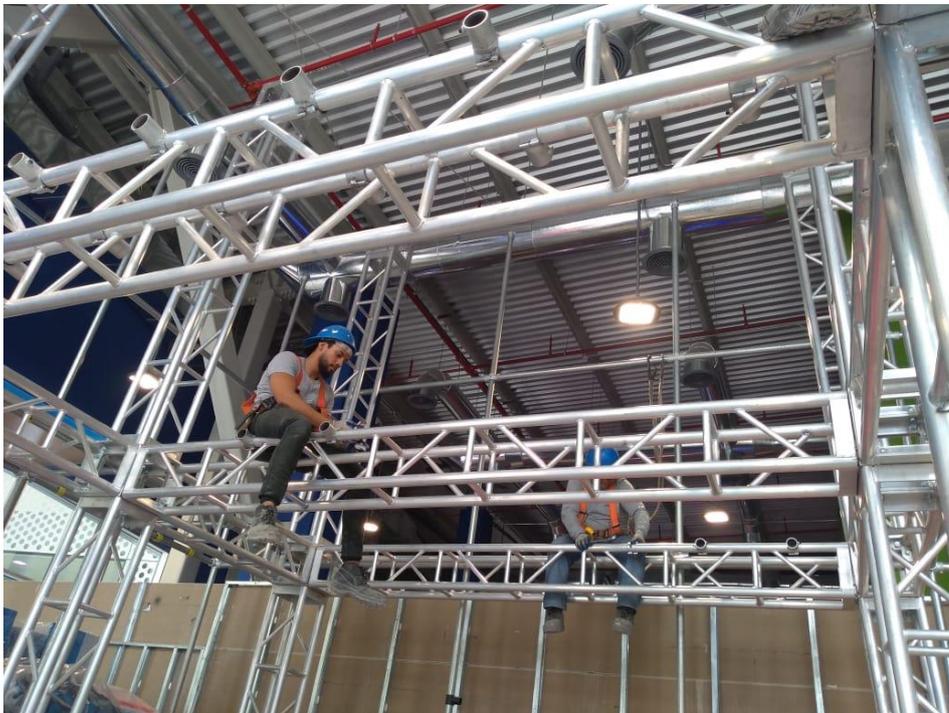


Figura 5. Instalación y montaje de estructuras para juegos mecánicos en las tiendas de Happy Land Perú. Mall Santa Anita, distrito de Santa Anita año 2019. Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 6. Construcción e instalación del panel publicitario para la Universidad Privada del Norte, distrito de Los Olivos 2018.

Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 7. Construcción y distribución de anaqueles en los almacenes de las oficinas centrales de Happy Land San Luis año 2019.

Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 8. Instalación y montaje de anaqueles en los almacenes de tiendas de Happy Land Perú. Real Plaza Salaverry, distrito de Jesús María año 2018.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020).



Figura 9. Reforzamiento de vigas peraltadas de concreto con vigas HD 10 x 30 pulgadas x libras/pie Mall del Sur, distrito de San Juan de Miraflores 2017.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

Para adecuarse a las exigencias del mercado y asegurar la calidad en todos sus procesos, la organización ha adoptado un modelo basado en procesos, la cual queda plasmada en su organigrama mostrado en la Figura 10:

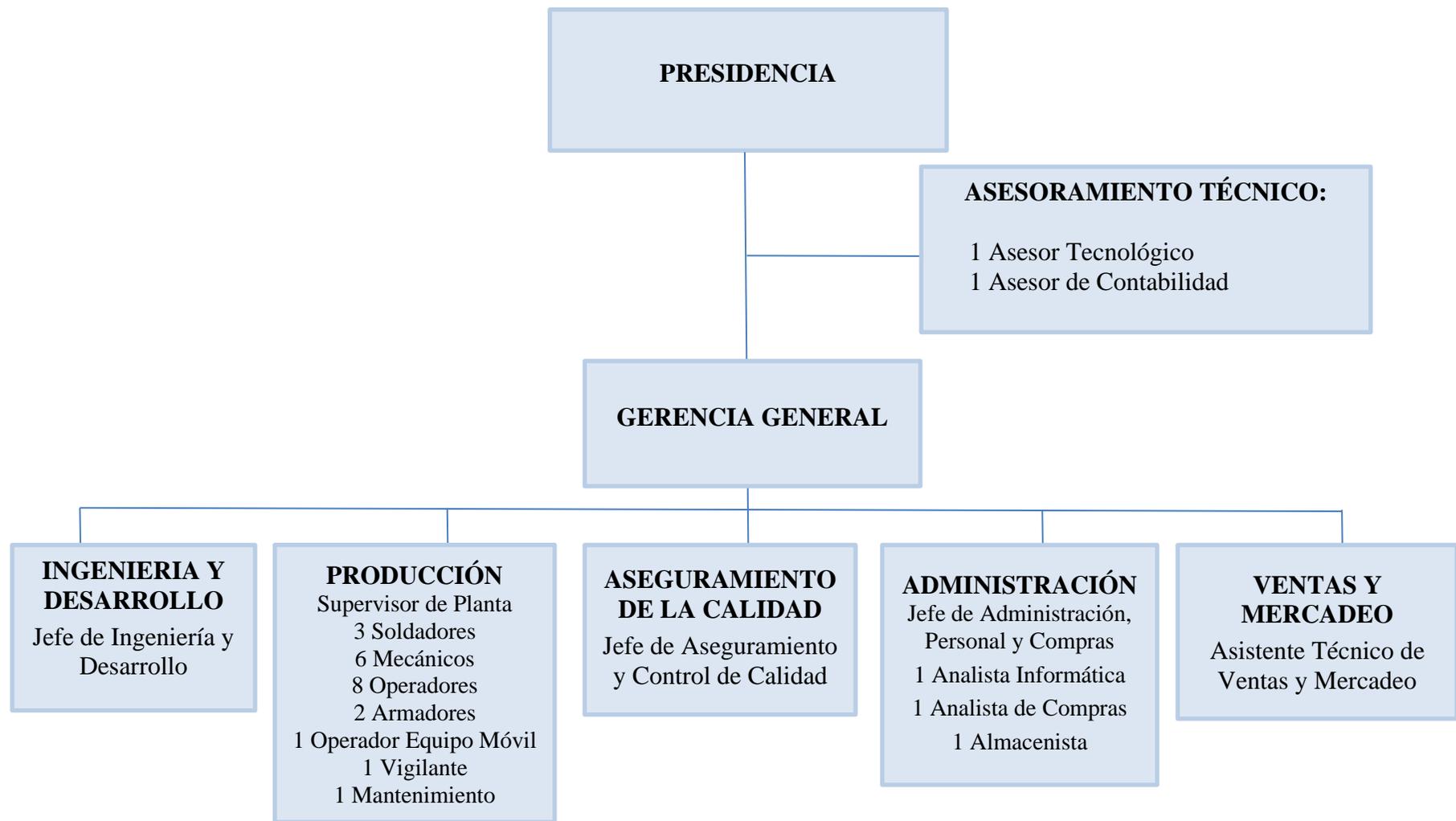


Figura 10. Organigrama de la empresa.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación

Con el propósito de ubicar el contenido de la investigación en un contexto teórico, se procedió a la revisión de estudios previos a nivel internacional y nacional, que permitieran evaluar el avance de las investigaciones en torno al RCM. De dicha actividad se obtuvieron los siguientes antecedentes:

Antecedentes internacionales

Catelani, Ciani, Galar y Patrizi (2020), *Optimización de las políticas de mantenimiento para un sistema de guiñada mediante RCM y monitoreo de condición basado en datos*. Revista Transactions on Instrumentation and Measurement.

La investigación se llevó a cabo para evaluar la optimización de las políticas de mantenimiento para un sistema industrial mediante el RCM y el monitoreo de condiciones basado en datos. Fue una investigación cuantitativa y aplicada, que utilizó como muestra los equipos y maquinarias de una fábrica de turbinas en Italia.

El alcance de la investigación consistió en proponer un nuevo diagrama de toma de decisiones personalizado dentro de la evaluación RCM para reducir la subjetividad del procedimiento propuesto en la norma y ahorrar el costo al optimizar las decisiones de mantenimiento, haciendo que los proyectos sean más rentables y rentables. Este artículo concluyó proponiendo un nuevo método de diagnóstico a partir de una base de datos para monitorear de manera eficiente la salud y detectar daños en los equipos mediante la medición de parámetros críticos del sistema.

La relación del artículo citado con el estudio radica en que propuso un novedoso marco de decisiones basada en datos que permita la observación de los procedimientos de

mantenimiento y la implementación de indicadores de confiabilidad para mejorar los resultados financieros de la organización y las condiciones de sus equipos y máquinas.

Karevan y Vasili (2018), *Optimización del RCM sostenible teniendo en cuenta la actitud frente al riesgo*. Revista Journal of Applied Research on Industrial Engineering.

Los autores elaboraron una investigación para analizar la optimización del RCM sostenible considerando la actitud de riesgo. Fue una investigación cuantitativa, evaluativa y aplicada, en la que se determinó el número de fallas del equipo. Luego se calcula la tasa de falla y confiabilidad de cada equipo. El tercer paso calculó la confiabilidad total del sistema, por lo que se presenta el plan inicial. Posteriormente, utilizando la información obtenida, se generaron los aspectos de sustentabilidad del programa y se evaluaron los costos y las funciones de sustentabilidad.

Al final, este problema de optimización multiobjetivo se resolvió mediante un algoritmo y los resultados se comparan con un método de simulación. Como resultado, con este programa de RCM, la confiabilidad de cada equipo, así como se mejoran todo el sistema; se incrementa el aspecto económico de la sostenibilidad y la satisfacción del cliente; la contaminación ambiental y los costos de mantenimiento se reducen al ofrecer un programa más basado en la confiabilidad; se proporciona un plan de programación para cada procedimiento de mantenimiento y también se establece una conexión a Internet más estable al reducir las fallas del sistema.

El estudio referido se considera importante para esta investigación, ya que elaboró un programa enfocado en la Sostenibilidad de los planes y la confiabilidad de equipos a partir de datos estadísticos, Con lo cual se pudo crear un modelo de trabajo que incrementará los beneficios económicos de la organización desde tres aspectos claves en las organizaciones del presente: la satisfacción de los clientes, el impacto ambiental y el aprendizaje continuo.

Zambrano (2017), *Elaboración de un plan de RCM para el área de bunchado en planta Electrocables de la ciudad de Guayaquil*. Tesis de grado para optar el título de ingeniero industrial en la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

El investigador hizo un análisis situacional del CRM como estrategia de mantenimiento en una empresa del sector eléctrico en Ecuador. Fue una investigación cuantitativa y descriptiva. En sus resultados indicaron que el mantenimiento es una política que se utiliza en las industrias de producción para disminuir costos, aumentar la productividad y continuar con la competencia global.

Además, lograron establecer el análisis de modo de fallas y efectos (AMEF) lo cual ayuda a estudiar los mismos, también se realizó el análisis de modo de fallos, efectos y criticidad AMFEC a las máquinas del área de trabajo, para reconocer el impacto operacional, frecuencia, disponibilidad y prevención que se consideran para evitar el incremento del índice de fallas y la baja productividad de los equipos.

La relevancia del documento citado radica en que la estrategia de CRM planteada surgió mediante un análisis situacional a través de una matriz AMEF, Lo que supuso un análisis de las condiciones externas e internas relacionadas con la gestión de mantenimiento y la implementación de planes a partir de los resultados de ese análisis, Aspecto que se tomó en cuenta para la elaboración de las fases de diagnóstico y diseño del presente estudio.

Antecedentes nacionales

García (2019), *RCM para la excavadora 300*. Tesis de grado para optar el título de ingeniero mecánico en la Universidad Nacional de Trujillo.

En esta investigación, el autor llevó a cabo una identificación de situaciones que dificultan el mejor uso de la flota de excavadoras a través del método AMEF con objeto de mejorar el mantenimiento de los activos de una organización del sector minero. En sus resultados se mostró una cita tematización de las tareas ver ubicación y revisión de los equipos lo que permitió la estandarización de los programas de mantenimiento basado en los riesgos así como el análisis de criticidad de los equipos basados en su contexto operacional.

La relación del estudio citado con esta investigación se encuentra en el interés del investigador en mejorar los resultados de la empresa con un mejoramiento en la gestión de mantenimiento Asimismo se crearon los indicadores de seguimiento apropiados para garantizar la disponibilidad operativo de los equipos y maquinarias de la organización así como las estrategias de mejora para el logro de los objetivos.

Vásquez (2019), *Propuesta de RCM en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías*. Tesis Para optar por el título de ingeniero industrial. Universidad Tecnológica del Perú, Chiclayo.

En el estudio, se hizo un diagnóstico de la situación encontrada por el investigador en cuanto a sus operaciones y el mantenimiento del aparato productivo, lo cual le permitió determinar que el 59.14% de las paradas de planta eran derivadas de averías en las maquinarias, lo que generaba pérdidas económicas que impactaban el rendimiento de la organización. Debido a ello, se propuso e implementó un plan de RCM con el uso de la herramienta denominada análisis de criticidad para identificar los equipos más relevantes y con mayor nivel de fallas en el sistema productivo mediante la técnica AMEF.

Cómo paso previo a la implementación se elaboró un árbol de decisiones para el RCM que permitió determinar las medidas preventivas adecuadas aunado a una relación de

costo beneficio, lo que permitió reducir el número de averías de 42 hasta 14. Esto representó un incremento en la producción en 12%, 95% de eficacia y una reducción del tiempo promedio de falla de los equipos.

El estudio referido sirvió como antecedente ya que establece una metodología práctica y bien descrita respecto a las fases necesarias para la recolección de datos el diagnóstico las alternativas de solución y el plan de implementación de mejoras a partir de la herramienta RCM.

San Martín (2018), *Aplicación del RCM a turbinas de vapor de una fábrica de etanol*. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico- Eléctrico. Universidad de Piura.

Para el logro de sus propósitos, se utilizó de modo secuencial un conjunto de herramientas como el análisis de la criticidad, los aspectos relacionados con la norma ISO 14224 2006, y un análisis de modo y efecto de Falla para cada sistema, lo que finalizó en un diagrama de Pareto para conocer las prioridades a los componentes más importantes. Con esta información se definieron los indicadores de desempeño relacionados con la efectividad del mantenimiento, a partir de la base de datos del sistema de información, para luego mostrar un marco real del comportamiento y el uso de los equipos y el reconocimiento de los problemas que afectan desde el inicio de sus operaciones.

En las conclusiones, el autor logró demostrar los peligros las fallas más relevantes y una correcta aplicación de la metodología RCM para el logro de los objetivos; agregando que el análisis realizado debe extenderse a otros equipos con criticidad al hacer la evaluación económica se logró justificar los costos implementados como incremento en la productividad.

De manera similar a otros estudios citados la relación de la presidenta investigación con el estudio efectuado en Construmaq Perú S.A. se encuentra en la aplicación de diversas

herramientas de diagnóstico que generaron tanto los indicadores más adecuados como el plan de mantenimiento acorde con la realidad de la organización.

Bases teóricas

Gestión de mantenimiento

El mantenimiento se define como la combinación de todas las acciones técnicas, gerenciales y de operación durante el ciclo de vida de un elemento destinado a retenerlo o restaurarlo, un estado en el que puede realizar la función requerida (De Carlo y Arleo, 2016). El mantenimiento está en todas partes, cuando hay sistemas, máquinas, elementos que usamos a diario, requiriendo acciones específicas para su correcto funcionamiento, ya que degradaciones y fallas reducen la efectividad en su uso. El sector industrial es quizás uno de los más interesados en las acciones de mantenimiento, ya que las empresas necesitan garantizar los objetivos de productividad exigidos (Liu, Wang y Zhang, 2012).

A pesar de esto, el mantenimiento no siempre ha tenido la atención que se merecía y durante muchos años fue una actividad secundaria de las organizaciones. Sin embargo, la aparición de las tecnologías de información (TI), simplifica la adquisición de datos y el análisis de los sistemas que requieren actividades de mantenimiento, mientras que la TI integrada permite la optimización matemática de muchos aspectos relacionados con el mantenimiento, como los costos y la disponibilidad (Fraser, Hvolby y Tseng, 2015)

Una de las estrategias a adoptar para concienciar sobre la importancia del mantenimiento en contextos industriales y productivos es demostrar su eficacia (De Carlo y Arleo, 2016). Es fundamental medir el rendimiento del mantenimiento, para la justificación de las inversiones en esta función y para el pensamiento estratégico de los gestores de activos. Sin embargo, Irajpour, Najafabadi, Mahbod y Karimi (2014) indicaron

que en la literatura existente, solo se mide la eficiencia interna, incluso si se debe medir la contribución de mantenimiento hacia un objetivo comercial total (tanto la efectividad externa como la eficiencia interna).

El beneficio del ciclo de vida (LCP) podría ser una medida justa de la eficacia global para destacar tanto el valor como el coste del mantenimiento (De Carlo y Arleo, 2016). El mantenimiento, de hecho, consta de tantas actividades que es difícil cuantificar sus beneficios a nivel de actividad individual, mientras que a nivel macro, es difícil encontrar la mejor compensación entre costes y beneficios para el beneficio de la empresa (Fraser et al, 2015)

A pesar de todo eso, hoy se acepta que el mantenimiento es una función clave para la rentabilidad a largo plazo en una organización (Fraser et al, 2015), y por esta razón, las organizaciones están tratando el mantenimiento como una parte importante de su negocio, de la misma manera como otras funciones como producción, marketing, ventas, entre otras. La gestión eficaz del mantenimiento, de hecho, requiere un enfoque multidisciplinario en el que el mantenimiento se considere estratégicamente desde la perspectiva empresarial global. Las empresas también invierten en una estimación temprana de la fiabilidad para configurar su servicio en el campo (Iraqpour et al., 2014).

El mantenimiento correctivo (CM) es sin duda el enfoque con las contribuciones de ingeniería y prevención más bajas, ya que simplemente reacciona ante una falla ocurrida. Pasando de CM al mantenimiento preventivo, se pasa de un enfoque derrotista y pasivo a uno más “agresivo”, donde los principios de ingeniería y el objetivo de prevenir fallas futuras son los aspectos más importantes en la gestión del mantenimiento (De Carlo y Arleo, 2016).

Por tanto, la ingeniería de mantenimiento es hoy en día una función muy importante en el contexto industrial. Por lo general, se define como una función del personal cuya principal responsabilidad es asegurar que las técnicas de mantenimiento sean efectivas, que el equipo se diseñe y modifique para mejorar la mantenibilidad, que se investiguen los problemas técnicos de mantenimiento continuo y que se tomen las acciones correctivas y de mejora adecuadas (De Carlo y Arleo, 2016).

Gestión de maquinarias y equipos industriales

Se definen como tales el adecuado manejo de los activos utilizados por un fabricante en un establecimiento de fabricación. La maquinaria es cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico diseñado y utilizado para realizar alguna función y producir un determinado efecto o resultado (Stecula y Brodny, 2016). La palabra incluye no solo la unidad básica de la maquinaria, sino también cualquier complemento o accesorio necesario para que la unidad básica cumpla su función prevista.

La terminología también incluye todos los dispositivos usados o requeridos para controlar, regular u operar una pieza de maquinaria, siempre que dichos dispositivos estén conectados directamente con la maquinaria o sean parte integral de ella y se utilicen principalmente para el control, regulación u operación de maquinaria (Shuaib, 2010). Plantillas, matrices, herramientas, y otros dispositivos necesarios para el funcionamiento o utilizados junto con el funcionamiento de lo que normalmente se consideraría maquinaria también se consideran maquinaria (Bergamo y Romano, 2016).

Otra definición las concibe como propiedad mueble tangible u otra propiedad con una vida depreciable de tres años o más que se usa como parte integral en la fabricación, procesamiento, composición o producción de propiedad mueble tangible para la venta o se

usa exclusivamente en actividades de puerto espacial. La maquinaria no incluye edificios diseñados específicamente para albergar o soportar maquinaria. El equipo es cualquier propiedad personal tangible que se utilice en una operación o actividad (Bergamo y Romano, 2016).

La gestión de equipos incluye la administración, supervisión y mantenimiento tanto de activos móviles como de equipos fijos de planta. La gestión eficaz de los equipos puede marcar una gran diferencia en la utilización de los equipos, lo que permite a las empresas desplegar sus vehículos y equipos donde y cuando se necesiten, y reasignar activos rápidamente donde sea necesario. Permite a las empresas saber dónde están sus activos y si se están utilizando o no. En este sentido, Haidar (2016) explica que hay una estrecha relación entre gestión de equipos y mantenimiento, pues los equipos que reciben un mantenimiento inadecuado tienen muchas más probabilidades de ser susceptibles a averías y fallas. Esto significa tiempo de inactividad inesperado, que puede contribuir a retrasos en los proyectos y sobrecostos.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Junto con la creciente expansión de la tecnología y la competencia entre industrias, las organizaciones emplean diversas acciones y políticas para aumentar la productividad y disminuir los costos. En este sentido, Gupta y Mishra (2016) indicaron que el mantenimiento es una política que se utiliza en las industrias de producción o manufactureras para disminuir costos, aumentar la productividad y continuar con la competencia global.

Debido a lo antes descrito, se han desarrollado diversas estrategias de mantenimiento durante los últimos años. Entre ellas, el RCM (siglas en inglés del término *Reliability Centered Maintenance*), ha sido una de las estrategias de mantenimiento más utilizadas en

todo el mundo (Karevan y Vasili, 2018). Esta forma de mejora continua se originó en la industria de las aerolíneas en la década de 1960 como un proceso para el desarrollo y optimización de los requisitos de mantenimiento de un recurso físico en su contexto operativo, para darse cuenta de su confiabilidad inherente, incorporando lógicamente las estrategias de mantenimiento como reactivo, preventivo, basado en las condiciones de los equipos y su mantenimiento proactivo (Catelani, Ciani, Galar y Patrizi 2020).

A nivel mundial, el RCM es una tecnología imperativa en la industria, y se ha aprovechado como estrategia de mantenimiento que puede ser funcional para mejorar la disponibilidad del equipo y su confiabilidad, y a la vez, reducir los costos operativos y de mantenimiento (Ren, 2016). El fundamento conceptual del RCM es la función del sistema operativo y su utilidad para reconocer las consecuencias de la falla por el análisis de fallas y función del sistema.

En este sentido, al analizar las diversas metodologías provistas por la Ingeniería Industrial para el mejoramiento de los procesos, el RCM es una estrategia conformada por actividades preparadas en forma secuencial y complementarias, dirigidas a incorporar valor mediante la planificación de acciones relacionadas con el mantenimiento de maquinarias y equipos que, una vez implementadas, contribuyen a hacer una empresa más competitiva y más productiva (Tang Liu, Jing, Yang y Zou, 2016).

Asimismo, Azid, Shamsudin, Yusoff y Samat (2019) indicaron que esta metodología sirve para planificar, ya que ayuda a organizar las labores, explorar habilidades y medir el desempeño, a través de la reducción sostenida de las eventuales fallas en los equipos, lo que se convierte en reducción de los tiempos de producción y mayor eficacia en los recursos humanos y económicos de una organización.

Hay cuatro principios que son críticos para un programa de RCM: (a) el propósito principal de mantener la función del sistema; (b) identificar modos de falla que pueden incidir sobre la eficacia de las operaciones; (c) priorizar los modos de falla y (d) seleccionar tareas que puedan ser aplicadas para controlar las fallas detectadas (Pourahmadi, Firuzabad y Dehghanian, 2017). Asimismo, el RCM identifica las funciones de la empresa que son más críticas y luego busca optimizar sus acciones de mantenimiento para minimizar las fallas y, en última instancia, aumentar la confiabilidad y disponibilidad del equipo (Tang et al., 2017). Los activos más críticos son aquellos que pueden fallar con frecuencia o que tienen grandes consecuencias de fallas. Con esta estrategia de mantenimiento, se identifican posibles modos de falla y sus consecuencias; todo ello mientras se considera la función del equipo. Entonces se pueden determinar técnicas de mantenimiento rentables que minimicen la posibilidad de fallas (Salah et al., 2017).

Dado que el producto final de un análisis RCM bien ejecutado es que se seleccionará una estrategia de mantenimiento adecuada para cada equipo, el impacto es una mejora general de la confiabilidad. RCM tiene como objetivo reducir costos, mejorar la seguridad y eliminar las tareas de mantenimiento que no son efectivas o apropiadas para una determinada pieza de maquinaria. La implementación de procesos de RCM le permite evitar una mentalidad de talla única que podría desperdiciar tiempo y recursos valiosos. De acuerdo con Piasson, Bísvaro, Leao y Sanches (2016), un plan de RCM se debe cumplir siguiendo las siguientes fases de trabajo:

Tabla 1. *Fases de implementación del RCM*

Fase	Descripción
Selección de equipo para análisis RCM	El primer paso es seleccionar el equipo para el análisis de RCM. El equipo seleccionado debe ser crítico en términos de su efecto en las operaciones, sus costos previos de reparación y costos previos de mantenimiento preventivo
Definir los límites y la función de los sistemas que contienen el equipo seleccionado	El equipo pertenece a un sistema que realiza una función crucial. El sistema puede ser grande o pequeño, pero se debe conocer su función y sus entradas y salidas.
Definir las formas en que el sistema puede fallar (modos de falla)	El objetivo es enumerar todas las formas en que la función del sistema puede fallar. Para ello es importante la determinación de los métodos de análisis y los instrumentos estadísticos que permitan la recolección adecuada de los datos relacionados con la falla de la máquina o equipo.
Identificar las causas fundamentales de los modos de falla	Con la ayuda de operadores, técnicos experimentados, expertos en RCM y expertos en equipos, se pueden identificar las causas fundamentales de cada uno de los modos de falla. Las causas fundamentales de la falla del transportador podrían incluir la falta de lubricación, falla en piezas dañadas o ajustes.
Evaluar los efectos del fracaso	En este paso, se consideran los efectos de cada modo de falla. Las fallas del equipo pueden afectar la seguridad, las operaciones y otros equipos. También se puede considerar la criticidad de cada uno de estos modos de falla.
Seleccionar una táctica de mantenimiento para cada modo de falla	En este paso, se determina la táctica de mantenimiento más adecuada para cada modo de falla. La táctica de mantenimiento que se seleccione debe ser técnica y económicamente viable. El mantenimiento basado en

	condiciones se selecciona cuando es técnica y económicamente factible detectar el inicio del modo de falla. El mantenimiento preventivo basado en el tiempo o el uso se selecciona cuando es técnica y económicamente factible reducir el riesgo de fallas utilizando este método.
Implementar y luego revisar periódicamente la táctica de mantenimiento seleccionada	Es importante destacar que la metodología RCM solo será útil si se ponen en práctica sus recomendaciones de mantenimiento. Una vez hecho esto, es importante que las recomendaciones se revisen constantemente a medida que se encuentre información adicional.

Fuente: Piasson et al. (2016).

El RCM requiere un poco más de tiempo para implementarlo inicialmente, pero ayuda a que su planta funcione de manera efectiva en términos de disponibilidad de producción, cuántas piezas de repuesto necesita en stock y otros factores directamente relacionados con el costo total.

Muchos autores han identificado RCM. Sin embargo, la definición original de RCM es una lógica disciplina para el desarrollo de programas de mantenimiento programados (Regan, 2012). La otra definición de RCM es según Gupta y Mishra (2016) que es “una estructura de base cero proceso utilizado para identificar las estrategias de gestión de fallas necesarias para garantizar que un activo cumpla con su requisitos de la misión en su entorno operativo de la manera más segura y rentable.

En esta definición, hay tres términos importantes: (a) basado en cero, significa que los AMEF se redactan asumiendo que no se está haciendo nada para prevenir o predecir el modo de falla que lleva al fracaso, por lo que se evalúan las consecuencias y se formulan soluciones sin mencionar lo que es actualmente en proceso; (b) acciones de gestión de

fallos: el proceso de análisis RCM se lleva a cabo para identificar las estrategias de gestión de fallos, no las tareas de mantenimiento, y (c) entorno operativo, significa que cuando se formulan soluciones para un activo, algunos se consideran diferentes cuestiones relativas al entorno (Gupta y Mishra (2016)).

El RCM identifica las funciones de un sistema, equipo o activo, que podría ser crítico y luego busca optimizar sus estrategias de mantenimiento. Los activos más críticos son aquellos que a menudo tienen probabilidades de fallar o aquellos que tienen algunas consecuencias de peligro. en caso de falla (Regan, 2012). Es casi imposible prevenir todas las fallas, pero es posible desarrollar una estrategia de mantenimiento que pueda prevenir algunas fallas. La esencia de RCM es gestionar las consecuencias de la falla, no necesariamente previniéndolas.

Uno de los productos más beneficiosos de un análisis RCM es la identificación de los mejores tareas de mantenimiento proactivo, como mantenimiento en condiciones, restauración programada y reemplazo y tareas de descarte programadas. Con estas tareas de mantenimiento, posibles modos de falla y sus consecuencias se identifican mientras se considera la función del equipo. En la Figura 11 se muestra un esquema de implementación del RCM, de acuerdo con Haidar (2016):

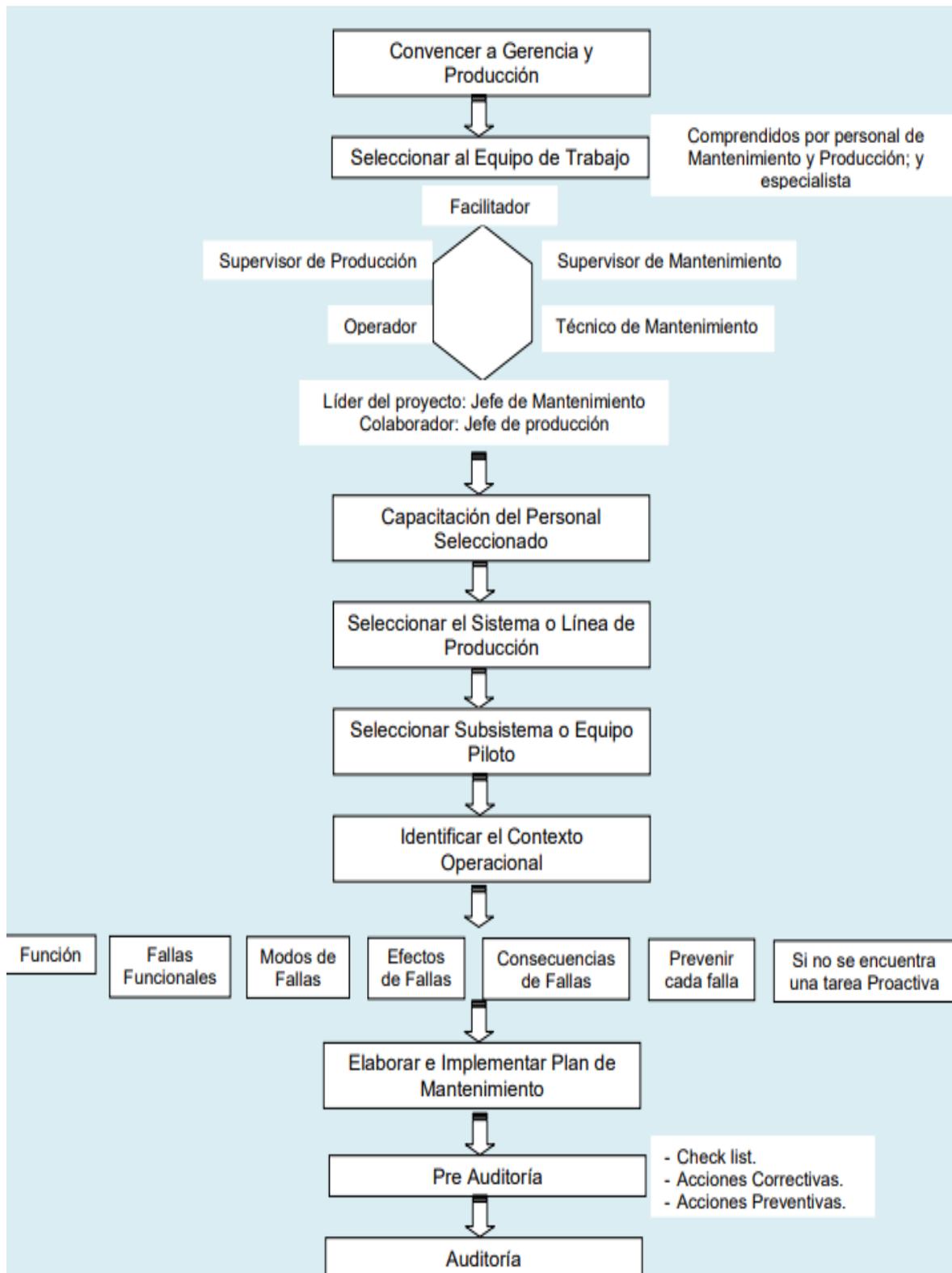


Figura 11. Esquema de implementación del RCM.
Fuente: Haidar (2016)

Eficiencia global de equipos (OEE)

Este indicador es el estándar principal para medir la productividad de fabricación. En pocas palabras: identifica el porcentaje de tiempo de fabricación que es realmente productivo. Una puntuación OEE del 100% significa que está fabricando solo piezas buenas, lo más rápido posible, sin tiempo de paradas (Tsarouhas, 2019). En el lenguaje de OEE, eso significa 100% de calidad (solo piezas buenas), 100% de rendimiento (lo más rápido posible) y 100% de disponibilidad (sin tiempo de parada). De esta forma, Nallusamy y Majumdar (2017), explicaron que la OEE se obtiene de la multiplicación de estos tres índices en periodos determinados:

- a) Disponibilidad: La disponibilidad tiene en cuenta las paradas planificadas y no planificadas. Una puntuación de disponibilidad del 100% significa que el proceso siempre se está ejecutando durante el tiempo de producción planificado.
- b) Rendimiento: tiene en cuenta los ciclos lentos y las paradas pequeñas. Una puntuación de rendimiento del 100% significa que cuando el proceso se está ejecutando, se está ejecutando lo más rápido posible.
- c) Calidad: La calidad tiene en cuenta los defectos, incluidas las piezas que necesitan repararse. Una puntuación de calidad del 100% significa que no hay defectos; es decir, solo se están produciendo piezas buenas.

La medición de OEE es una de las mejores prácticas de fabricación. Al medir la OEE y las pérdidas subyacentes, se obtiene información importante sobre cómo mejorar sistemáticamente su proceso de fabricación. OEE es la mejor métrica para identificar pérdidas, evaluar el progreso y mejorar la productividad de los equipos de fabricación; es decir, eliminar el desperdicio (Tsarouhas, 2019).

Glosario de Términos

Análisis de causa raíz (RCA): consiste en una serie sistemática de tareas destinadas a identificar la razón fundamental por la que ocurrió una falla.

Indicadores clave de rendimiento (KPI): consisten en una colección de informes y métricas que se utilizan para proporcionar una descripción general de alto nivel del rendimiento de un negocio, proceso o activo

Mantenimiento basado en la condición: consiste en tareas realizadas como resultado de datos cuantitativos relacionados con la condición de un activo (vibración, presión) En tiempo real, comúnmente obtenidos mediante el uso de sensores

Mantenimiento correctivo (CM): consiste en acciones tomadas para corregir un problema con un activo y devolverlo a su condición de operación normal (opuesto al mantenimiento preventivo).

Mantenimiento predictivo (PDM): es un tipo de estrategia de mantenimiento que utiliza la condición de los activos para predecir cuándo se necesita mantenimiento.

Mantenimiento preventivo (PM): consiste en tareas periódicas destinadas a mantener los activos en funcionamiento y evitar tiempos de inactividad no programados (una forma de mantenimiento proactivo).

Mantenimiento proactivo: es el proceso de tomar medidas proactivas antes de que un equipo funcione mal con la esperanza de eliminar una avería futura (lo contrario del mantenimiento reactivo).

Mantenimiento reactivo: es el proceso de responder a fallas no planificadas del equipo con acciones tomadas para reparar el defecto que causó la avería.

Tiempo de actividad: es la cantidad de tiempo que un equipo está funcionando continuamente de la manera prevista (opuesto al tiempo de inactividad).

Tiempo medio de reparación (MTTR): se utiliza para comprender cuánto tiempo (duración), en promedio, se necesita para reparar un activo. En términos más simples, MTTR es igual a la suma de los tiempos de reparación de un activo dividido por la cantidad de veces que ha sido reparado

Tiempo medio entre fallas (MTBF): se usa para comprender cuánto tiempo funciona un activo, en promedio, antes de que tenga una falla inesperada. Se calcula tomando la suma del tiempo entre todas las averías y dividiéndola por el número de averías inesperadas. MTBF se encuentra entre los primeros intentos de anticipar fallas futuras

Tiempo de inactividad: es la cantidad de tiempo que un equipo no está en funcionamiento (planificado o no planificado).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Descripción del proyecto o programa laboral

En el caso particular que se analizó, producto de la experiencia profesional en la empresa Construmaq Perú S.A., dedicada al diseño, cálculo estructural, fabricación y montaje de estructuras de grandes dimensiones, cuenta un proceso Para lo cual es necesario el uso de diversos materiales e insumos, los cuales su aprovechamiento incide directamente sobre la productividad y el rendimiento de la organización. en la empresa sí observó el interés por parte de la dirección de realizar una evaluación sobre el mantenimiento de máquinas equipos para hacer una entidad más competitiva y eficiente, por lo que el propósito del estudio fue la aplicación un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos, basado en el RCM en la organización sujeto de estudio.

En este contexto, Construmaq Perú S.A., en la persecución de la calidad de sus operaciones, está interesada de manera permanente en desarrollar acciones de seguimiento y control en relación con sus activos, lo que permita la optimización de sus rutinas de trabajo desde el diseño de las estructuras hasta la entrega y satisfacción del cliente. Por ello, mediante la implementación de herramientas RCM, se pretende reducir cada vez más la brecha existente entre los niveles actuales de averías o paradas de máquinas y la meta de convertirse en una empresa competitiva y productiva.

A pesar del panorama descrito, se detectaron inconformidades en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos, que han afectado la eficiencia y generan la inquietud en la dirección y los trabajadores respecto a los cambios necesarios. Para reconocer los problemas mantenimiento en la actualidad a través de la experiencia laboral

se realizaron diversas observaciones para conocer el proceso productivo mediante lo cual se detectaron las siguientes fallas:

- a. En cuanto a los procesos no se evidencia la ejecución de rutinas de inspección sobre los equipos lo que genera retrocesos y fallas en el material utilizado o la solución de los problemas en el sitio designado por el cliente lo que genera una mala imagen esta falta de procedimientos ocasiona además debilidades en la planificación de los mantenimientos lo que genera desorganización y retraso en el personal.
- b. En cuanto al factor humano no se ha planificado actividades de capacitación para el desarrollo de las competencias del personal en relación con el mantenimiento autónomo de equipos además se evidencia la necesidad de mejorar los procesos de control para mantener los niveles de desempeño deseados. dichas situaciones aunadas al bajo nivel de motivación del personal tiene como efecto variabilidad de los procesos y poca productividad.
- c. Las maquinarias muestran fallas de calibración lubricación e inspección lo que ocasiona daños en las materias primas Asimismo no se cumple con los planes de mantenimiento preventivo lo que genera retrasos e incumplimientos

Considerando estos factores, surge la iniciativa de identificar y evaluar los factores que inciden sobre la confiabilidad de los equipos, con el objetivo de mejorar su disponibilidad y factor de utilización, reducción de costos, crear rutinas de fácil seguimiento y mejoramiento de la eficiencia de las operaciones. Con base en el contexto descrito, se propuso en la empresa Construmaq Perú S.A. aplicar acciones de mejoramiento que incidan sobre disponibilidad de maquinarias y equipos. Como respuesta estas inquietudes de mejora, el RCM se perfila como una metodología para agregar valor,

facilitar la participación del personal, se orienta hacia la eficiencia y sus resultados se reflejan en un incremento de la competitividad y productividad empresarial.

De esta manera, surge la siguiente interrogante: ¿Cómo mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en la empresa Construmaq Perú S.A.? para apoyar esta formulación general, se plantean los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa? ¿Cuáles serán las actividades más adecuadas para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa? ¿Cómo implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa? y ¿Cuáles serían los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A.?

Las acciones realizadas en la experiencia profesional se justifican desde el punto de vista teórico, ya que propone una revisión de los diversos enfoques conceptuales y metodológicos del RCM e implementar de forma adecuada acciones dirigidas a la confiabilidad que faciliten los procesos, lo que incidirá favorablemente en la vida útil y disponibilidad de los equipos, para beneficio de la empresa.

Mediante las acciones propuestas en esta experiencia se buscó determinar los problemas que inciden sobre la confiabilidad de los equipos, para implementar un conjunto de actividades que garanticen una gestión adecuada de mantenimiento, ya que si la empresa no reformula sus actividades dirigidas al mantenimiento, puede conllevar al incremento de los costos operacionales.

El desarrollo de estrategias basadas en la metodología del RCM en la empresa Construmaq Perú S.A., se llevó a cabo bajo una metodología de enfoque cuantitativo y aplicada, que implicó el uso de herramientas de mejora provistas tanto por la metodología

seleccionada como por la Ingeniería Industrial, para aumenta la calidad y capacidad de respuesta.

Descripción de la experiencia profesional en la empresa

El investigador inició su formación profesional como Técnico egresado de SENATI en la carrera de mecánico textil en hilandería en el año 2004, lo que le permitió realizar sus primeras prácticas en la empresa textil CORTESA, donde ocupó el cargo de mecánico textil en hilandería. Para el año 2004 asumió puesto de mecánico de turno responsable de las labores de mantenimiento de máquinas de hilatura en la empresa Tecnología Textil y para el año 2006 ocupó el cargo de Supervisor de Producción y Almacén en la empresa Laboratorios Americanos S.A. Como fue descrito previamente la experiencia profesional fue desarrollada en el cargo de supervisor de planta a partir del mes de enero del año 2019 bajo esta responsabilidad se alcanzaron los siguientes logros:

- Planificación y organización de los planes de producción de acuerdo con los requerimientos del presupuesto y a los acuerdos con la gerencia comercial.
- Actualización capacitación e implementación de nuevas normas relacionadas con la salud y seguridad de los trabajadores.
- Colaboración con el área de calidad para el cumplimiento de los requisitos, normas y exigencias de los clientes.
- Supervisión continua de los procesos de producción.
- Actualización e implementación de indicadores de desempeño para medir los resultados de la gestión reproducción con base en los criterios del cuadro de mando integral.

- Planeación y organización de las rutinas de mantenimiento preventivo y la reacción oportuna ante eventos de mantenimiento correctivo para garantizar la continuidad de la línea de producción.
- Elaboración de un plan para el mantenimiento de la infraestructura organización de las áreas de trabajo y verificación de las actividades de clasificación y limpieza.
- Realización de reuniones de enlace con las áreas de ventas, planeación de compras almacén y calidad para cumplir con las metas de producción y ventas de la organización.
- Análisis discusión y aplicación de los métodos más apropiados para mejorar las actividades de producción y reducir los tiempos de entrega las mermas y los productos no aceptados por el área de calidad.
- Aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos y la productividad.

Objetivos de la experiencia profesional

Objetivo general

Aplicar un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A., Lima 2019.

Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A.

Elaborar un conjunto de actividades para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basados en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Evaluar los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Estrategias de desarrollo

Para definir las estrategias de desarrollo, se llevó a cabo la contrastación del modelo de CRM identificado en el marco teórico con los objetivos propuestos para el estudio, con el propósito de alinear las estrategias a realizar con cada una de las fases de la investigación. El resultado de esta práctica se presenta en la Tabla 2 y la Figura 12:

Tabla 2. *Alineación de los objetivos de la investigación con las fases de implementación del RCM*

Objetivos del estudio	Fases de implementación del RCM
Diagnosticar la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del proceso productivo de la empresa. • Selección de equipo para análisis RCM • Definir los límites y la función de los sistemas que contienen el equipo seleccionado. • Definir las formas en que el sistema puede fallar (modos de falla). • Identificar las causas fundamentales de los modos de falla.
Elaborar un conjunto de actividades para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en RCM.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los efectos del fracaso • Seleccionar una táctica de mantenimiento para cada modo de falla.
Implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar y luego revisar periódicamente la táctica de mantenimiento seleccionada.
Evaluar los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.	Determinación del impacto económico y organizacional de la implementación de RCM.

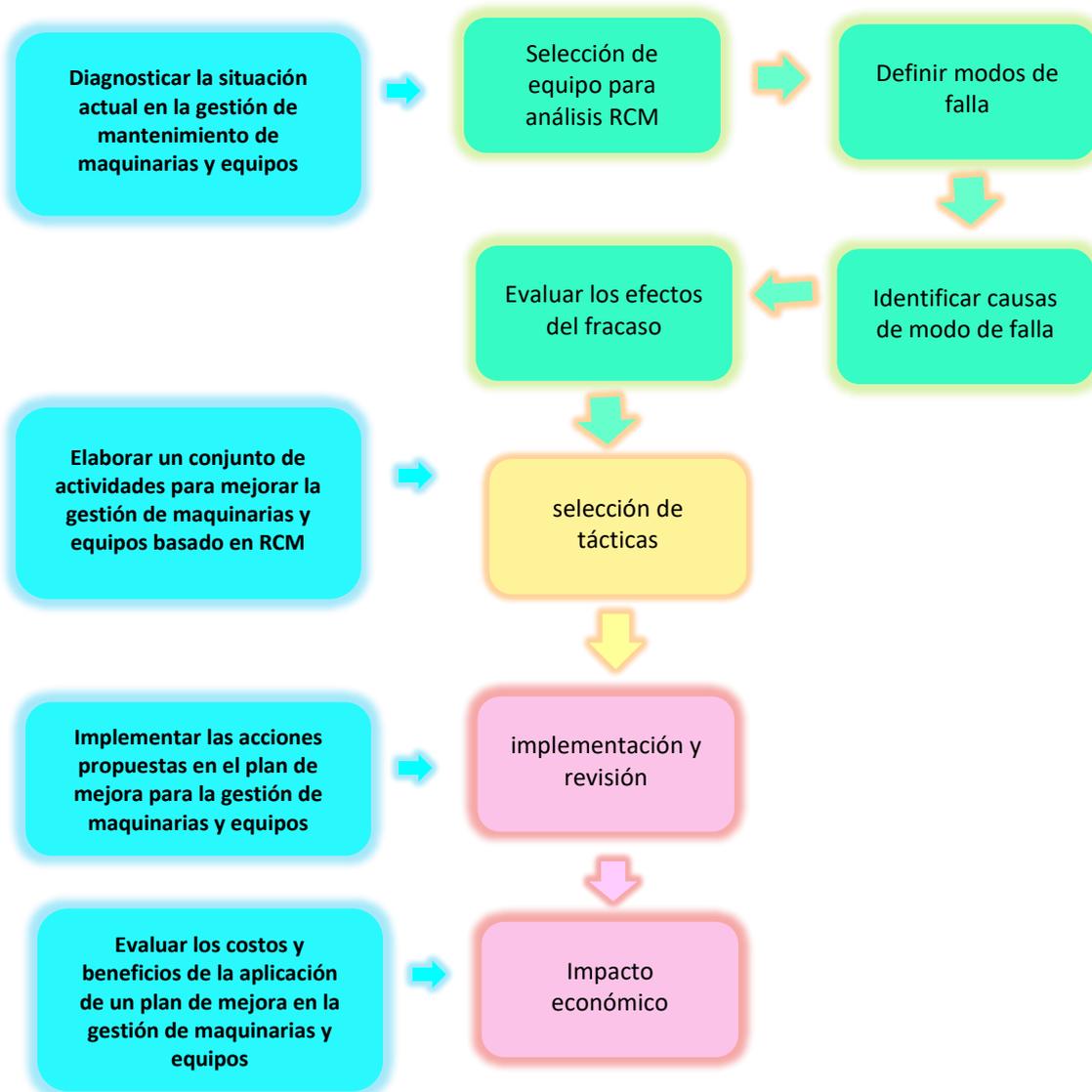


Figura 12. Alineación de los objetivos de la investigación con las fases de implementación del RCM.
Fuente: Elaboración propia (2020)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Diagnóstico de la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A.

Descripción del proceso productivo de la empresa.

Debido a la diversidad de actividades y servicios que lleva a cabo la empresa, para la descripción del proceso productivo, se seleccionó la fabricación de gabinetes para tableros eléctricos, ya que es la actividad más importante que la empresa realiza en la actualidad y en la que se puede observar el mayor uso de máquinas y equipos de trabajo. Para la descripción del proceso productivo, se utilizó la metodología de diagrama de análisis de proceso (DAP), en la cual se muestra la siguiente información (Ver Figura 13):

- Descripción de la actividad.
- Tiempo estimado de operación.
- Detalle del subproceso.
- Maquina o equipo utilizado.
- Distancias recorridas entre cada actividad
- Tipo de actividad (operación, transporte, espera, inspección o almacenamiento)

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS								
DIAGRAMA N°: 1			RESUMEN ACTIVIDAD					
ACTIVIDAD: Fabricación de gabinetes			OPERACIÓN ●			12		
Para tableros eléctricos			TRANSPORTE →			6		
Construmaq Perú S.A.			ESPERA ◐			0		
HORAS PROGRAMADAS: 8			INSPECCIÓN ■			4		
MÉTODO ACTUAL			ALMACENAMIENTO ▼			2		
MÉTODO PROPUESTO			DISTANCIA (D)	Metros		55		
FECHA: Octubre 2020			TIEMPO (T)	Minutos		392.8		
DESCRIPCIÓN	(D)	(T)	●	■	◐	→	▼	OBSERVACIONES
La materia prima se encuentra en el depósito de materiales.								
Se recoge la materia prima del depósito de materiales.			●					
Se inspecciona el material que se encuentre en buen estado.				■				Inspección realizado por el supervisor del área
Se traslada la plancha hacia área de trazado.	3	1				→		
Se traza de acuerdo con el plano estructural.		0	●					
Se realiza el corte de acuerdo con el trazado (despiece).		30	●					
Transportar las piezas cortadas a la maquina dobladora.	8	2.4				→		
Se realiza el proceso de dobles.		30	●					
Se realiza el proceso de punzando para las chapas.			●					
Se realiza el proceso de taladrado			●					
Transportar a la sección de armado y pre soldado.	12					→		
Se realiza el proceso de pre armado (puntos de soldadura) de acuerdo con el plano de fabricación			●					

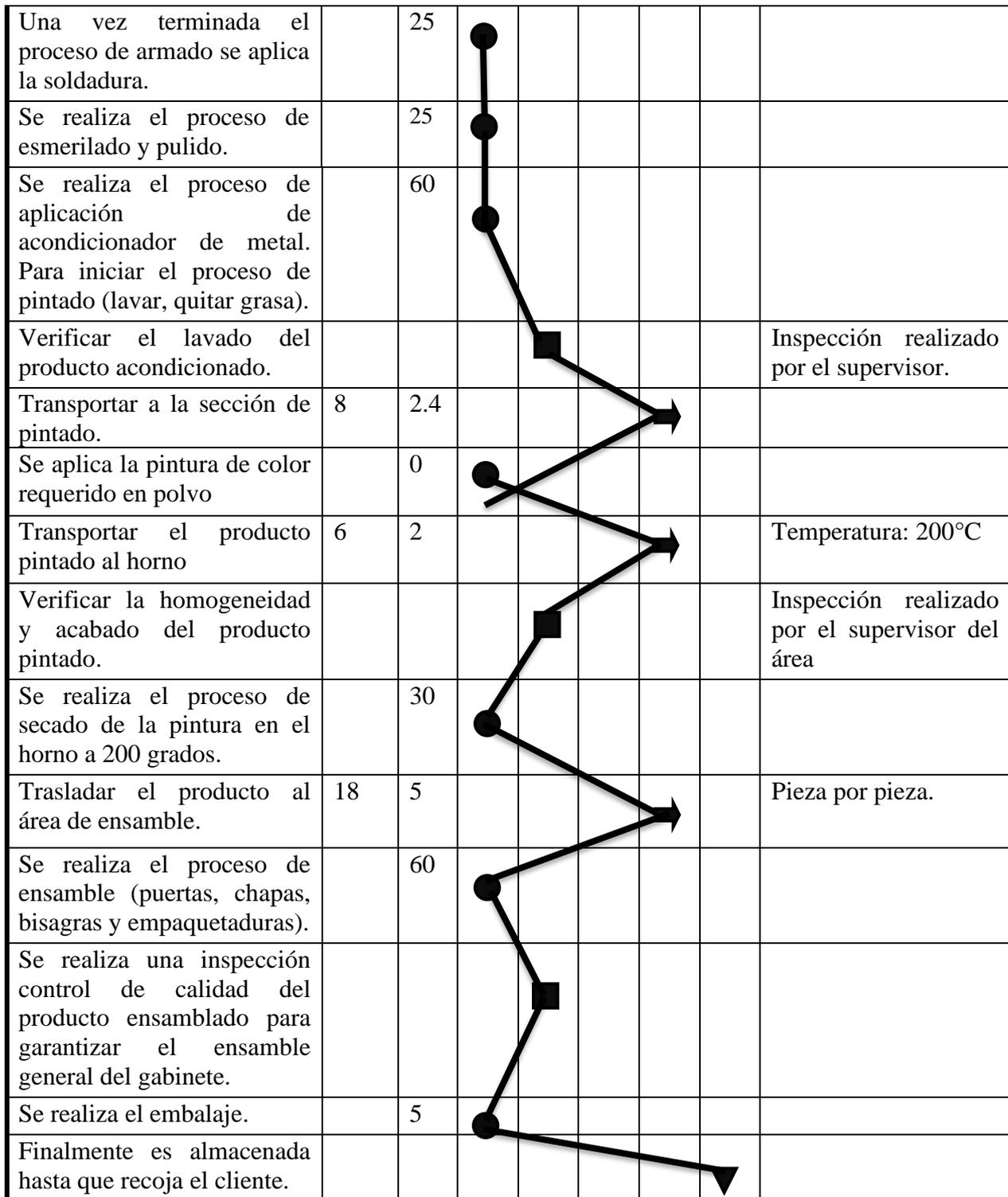


Figura 13. Diagrama de análisis de proceso.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Selección de equipo para análisis RCM

A partir de los aspectos descritos en el proceso productivo, se muestra a continuación en la Tabla 3 los equipos seleccionados para el análisis RCM, de acuerdo con información suministrada por la gerencia general de la empresa:

Tabla 3. *Equipos seleccionados para el análisis RCM*

Nombre del equipo	Marca	Descripción/Fun
Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD	GEKA	Punzonado y destaje de piezas.
Equipo para soldar mig	ESAB	Máquina semiautomática para facilitar actividades de soldadura.
Máquina Dobladora o plegadora	ZDMT	Doblaje de piezas y láminas metálicas.
Máquina Guillotina	ZDMT	Corte de láminas metálicas.
Taladro manual	Crown	Actividades manuales de perforación
Taladro de columna (agujereadora)	Besser	Actividades de perforación
Esmeril manual	DeWalt	Herramienta que sirve para cortar, lijar, esmerilar o pulir, diferentes tipos de material
Equipo moladora y tronzadora	DeWalt	Corte de superficies metálicas mediante abrasiones de discos.

Fuente: Elaboración propia (2020)



*Figura 14. Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)*



*Figura 15. Equipo para soldar mig
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)*



*Figura 16. Máquina Dobladora ZDMT.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)*



*Figura 17. Máquina Guillotina ZDMT.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)*



Figura 18. Taladro manual.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 19. Taladro de columna (agujereadora).
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 20. Esmeril manual.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)



Figura 21. Máquina tronzadora.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

Definir las características y los sistemas que contienen los equipos seleccionados.

Para definir estas características se diseñaron los formatos de ficha Técnica de equipo (CQP-FT-XX-2019) y lista de partes de equipo (CQP-LP-XX-2019) en las cuales se definen las características principales de los equipos y los elementos o componentes de cada uno de ellos. A continuación se presentan la ficha técnica y la lista de partes para la matrizadora universal Bendicrop 60

 CONSTRUMAQ PERÚ S.A. FICHA TECNICA	
CODIGO INTERNO: CQM-FT-PB-01	Pagina: 1 de 1
PUNZADORA UNIVERSAL BENDICROP 60 SD	
CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje	(V) 220-230 (50/60 Hz)
Golpes por minuto	32
Potencia de motor	(W) 5500
Potencia de punzonado	(KN) 600
Peso neto	(kg) 1750
Peso bruto	(kg) 2012
Diámetro máximo de punzonado	(mm) 40

Figura 22. Ficha técnica Matrizadora Bendicrop 60 SD.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

 <p>MATRIZADORA BENDICROP 60</p>	 <p>CODIGO INTERNO: CMP-LP-MB-01 PAGINA: 1 DE 1</p>																																													
LISTA DE PIEZAS																																														
																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARTE</th> <th>CANT</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>Bastidor</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>Cilindro de doble efecto</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>Topes regulación de carrera</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>Pistón</td></tr> <tr><td>5</td><td>1</td><td>Guía anti giro</td></tr> <tr><td>6</td><td>1</td><td>Guía transversal</td></tr> <tr><td>7</td><td>1</td><td>Portaherramientas</td></tr> <tr><td>8</td><td>1</td><td>Tope regulador de altura</td></tr> <tr><td>9</td><td>1</td><td>Mesa</td></tr> <tr><td>10</td><td>1</td><td>Tope de posición</td></tr> <tr><td>11</td><td>1</td><td>Porta-matriz</td></tr> <tr><td>12</td><td>1</td><td>Tensor longitudinal</td></tr> <tr><td>13</td><td>1</td><td>Tensor transversal</td></tr> <tr><td>14</td><td>1</td><td>Bulón de Fijación</td></tr> </tbody> </table>		PARTE	CANT	DESCRIPCION	1	1	Bastidor	2	1	Cilindro de doble efecto	3	1	Topes regulación de carrera	4	1	Pistón	5	1	Guía anti giro	6	1	Guía transversal	7	1	Portaherramientas	8	1	Tope regulador de altura	9	1	Mesa	10	1	Tope de posición	11	1	Porta-matriz	12	1	Tensor longitudinal	13	1	Tensor transversal	14	1	Bulón de Fijación
PARTE	CANT	DESCRIPCION																																												
1	1	Bastidor																																												
2	1	Cilindro de doble efecto																																												
3	1	Topes regulación de carrera																																												
4	1	Pistón																																												
5	1	Guía anti giro																																												
6	1	Guía transversal																																												
7	1	Portaherramientas																																												
8	1	Tope regulador de altura																																												
9	1	Mesa																																												
10	1	Tope de posición																																												
11	1	Porta-matriz																																												
12	1	Tensor longitudinal																																												
13	1	Tensor transversal																																												
14	1	Bulón de Fijación																																												

Figura 23. Lista de piezas Matrizadora Bendicrop 60 SD.
Fuente: Construmaq Perú, S.A. (2020)

En el Anexo 2 se encuentran las especificaciones y listas de piezas de las demás máquinas y equipos de la empresa

Definir las formas en que el sistema puede fallar (modos de falla).

Tabla 4. *Fallas más comunes de los equipos y máquinas de la empresa.*

Equipo	Fallas más comunes
Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD	<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste de la matriz, moldes y dados. - Desalineación de la bancada fija. - Sulfatación de cables y terminales eléctricos. - Corrosión de componentes eléctricos.
Equipo para soldar mig	<ul style="list-style-type: none"> - Obstrucción de partículas en la válvula del argón. - Rotura de fusible. - Entrega de hilo de soldadura defectuoso. - Sulfatación de cables y terminales eléctricos.
Máquina Dobladora o plegadora	<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste de la matriz y molde. - Filtro saturado de partículas - Pérdida de sensibilidad del pedal de activación - Relé defectuoso - Sulfatación de cables y terminales eléctricos por humedad.
Máquina Guillotina	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de filo de las cuchillas (móvil y fija). - Pérdida de sensibilidad del pedal de activación - Cilindros se mueven lentamente. - Sulfatación de cables y terminales eléctricos. Por humedad.

	- Corrosión de componentes eléctricos.
Taladro manual	- Desgaste de escobillas - Se afloja la broca - Vibración - Chirridos
Taladro de columna (agujereadora)	- El motor eléctrico no funciona - Velocidad de perforación lenta - Desgaste y vibración. - La pared de la broca tiene un desgaste rápido.
Esmeril manual	- No se mueve el interruptor - No enciende la amoladora - Vibración excesiva
Máquina moladora y tronzadora	- Desgaste de los carbones. - Desgaste en los engranajes cónicos. - Pérdida de sensibilidad en el conmutador. - Pérdida de aislamiento en el campo y la bobina.

Identificar las causas fundamentales de los modos de falla

Se realizó una actividad de observación y consulta durante un periodo de dos meses para identificar las fallas más comunes, causas que las originan y soluciones, para obtener la base informativa que permita la aplicación del plan:

Tabla 5. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD.*

1 - Nombre del equipo: Máquina Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD		
Problema	Causa	Solución
Resultados irregulares.	Desgaste de topes automáticos	Reemplazo de topes automáticos
	Falta de mantenimiento de mangueras hidráulicas	Reemplazo del filo de punzones
	Desgaste del filo de punzones.	Mantenimiento de mangueras hidráulicas
	Sistema eléctrico	Verificar que no existan soldaduras en las conexiones del panel y revisar el estado del cable de alimentación.
	Motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos.
	Sistema de transmisión	Revisar desgaste y tensión correas. Verificar que las poleas se encuentren alineadas.
	Sistema hidráulico	Revisar el filtro de succión, nivel y estado del aceite hidráulico (presencia de contaminantes).
	Sistema de control	Comprobar que las botoneras encuentren operativas.
Sierra de corte	Verificar que los dientes de la sierra se encuentren en condiciones operativas.	

Tabla 6. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Equipo para soldar mig.*

Nombre del equipo: Equipo para soldar mig		
Problema	Causa	Solución
Soldadura irregular.	Parámetros de amperaje fuera de especificación.	Ajustar parámetros mediante el incremento o disminución del amperaje.
	Mala alimentación de alambre.	Falta o existe demasiada presión en los rodillos de impulsión instalación de rodillos equivocados monocoil obstruido tubo de contacto incorrecto o alambre ondulado.
	Material de aporte de mala calidad.	Reemplazar el material de aporte.
	Material de aporte sucio u oxidado.	Remover la capa superficial o cambiar material de aporte.
	Inclinación incorrecta de la antorcha.	Corregir el ángulo de avance.
	Velocidad de avance de la antorcha.	Corregir la velocidad de avance.
Deformaciones.	Material base sucio u oxidado.	Limpiar el material base de contaminantes externos.
	Calentamiento excesivo.	FF reducir amperaje o aumentar velocidad de aplicación.
	Enfriamiento brusco.	Enfriamiento lento.
	Orden incorrecto de aplicación.	Cambiar el orden de aplicación.
Desviación del arco.	Sujeción deficiente del material.	Colocar o ajustar bien la pieza.
	Tubo de contacto de diámetro mayor.	Colocar el tubo de contacto de la medida del alambre.
	Alimentación de alambre irregular.	Cambiar el alambre.
Soplo de arco.	Longitud del alambre excesivo.	Acortar el arco.
	Campos magnéticos que desvían el arco.	Ajustar la tierra adecuadamente. Cambiar de lugar la tierra. Colocar la tierra directamente en la pieza que está soltando.
Salpique excesivo (perlas)	Amperaje demasiado elevado.	Reducir el amperaje.
	material de aporte defectuoso.	Cambiar el material.
	Arco demasiado largo.	Reducir la longitud de arco.
		Limpiar el material.
		Precalear la pieza.
		Corregir el ángulo de avance.

	<p>Material base contaminado.</p> <p>Espesor del metal base grueso.</p> <p>Inclinación incorrecta de la antorcha.</p> <p>Polaridad incorrecta.</p> <p>Velocidad de soldeo lenta.</p> <p>El gas de protección está húmedo.</p>	<p>Usar la polaridad correcta.</p> <p>Aumentar la velocidad.</p> <p>Cambiar el cilindro de gas.</p>
Poros.	<p>Velocidad de avance alta.</p> <p>Arco demasiado largo.</p> <p>Material base sucio u oxidado.</p> <p>Material base galvanizado.</p> <p>Gas protector húmedo.</p> <p>Corrientes de aire al soldar.</p> <p>Flujo de gas inadecuado.</p> <p>Inclinación adecuada de la antorcha.</p> <p>Material base con impurezas.</p>	<p>Aumentar flujo de gas de protección.</p> <p>Reducir la longitud del arco.</p> <p>Limpiar el material base.</p> <p>Eliminar el galvanizado.</p> <p>Cambiar el cilindro de gas.</p> <p>Evitar o protegerse de las corrientes de aire.</p> <p>Revisión de los sistemas de alimentación de gas.</p> <p>Corregir ángulo de inclinación.</p> <p>Cambiar el material.</p>

Tabla 7. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Dobladora o plegadora.*

3 - Nombre del equipo: Máquina Dobladora o plegadora		
Problema	Causa	Solución
El ruido de la bomba de aceite es demasiado grande y la bomba de aceite se daña.	La fuga de aceite de la bomba o el nivel bajo del tanque ocasionan succión en la bomba de aceite.	Cambiar sellos a la bomba
	Taponamiento de los filtros de succión de aceite o aceite sucio.	Cambiar filtros y hacer limpieza al sistema de lubricación
	Daños a la bomba ocasionados durante la instalación o golpes durante el proceso productivo.	Cambiar bomba hidráulica
	Problemas de instalación del acoplamiento tales como el apriete axial del eje del motor o el eje de la bomba de aceite no son concéntricos.	Ajustar y alinear el sistema de transmisión
	La temperatura del aceite es demasiado alta lo que resulta en reducción de la viscosidad.	Verificar aceite y sistema de lubricación. Cambiar aceite
No hay presión para construir el sistema	Error de dirección de la bomba de aceite o daños en la bomba	Cambio de bomba de lubricación
	daño del manómetro	Mantenimiento y limpieza al sistema de lubricación
	la válvula del cartucho de presión está bloqueada y atascada. el amplificador de compensación es muy pequeño	Cambiar amplificador de compensación
No hay acción rápida en el control deslizante	Válvula de descenso rápido con o sin señal eléctrica.	Comprobar la tensión de retro alimentación
	Válvula direccional proporcional electromagnética no emite señales eléctricas. la parte mecánica es demasiado apretada la placa guía está apretada o el cilindro también.	

		válvula de llenado cerrada se dificulta abrir y no atrae el aceite.	
No ralentización control deslizante	hay del	el sistema no puede generar presión. La válvula de llenado está atascada o el anillo de sellado de la válvula de llenado de líquido presenta fugas.	Reduzca la velocidad de la válvula con o sin señal eléctrica.

Tabla 8. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina Guillotina.*

4- Nombre del equipo: Máquina Guillotina		
Problema	Causa	Solución
Falla en el corte de piezas.	Desgaste de cuchilla	Reemplazo de cuchillas
	Falta de mantenimiento de mangueras hidráulicas Falta de lubricación	Mantenimiento y cambio de mangueras hidráulicas. Lubricación de piezas.
	Fallas eléctricas	Revisar dispositivos eléctricos y electrónicos: relé, transformador y contactor. Inspeccionando posibles soldaduras de conexiones o cables dañados.
	Fallas en sistema hidráulico	Revisar el filtro de succión, nivel y estado del aceite hidráulico (presencia de contaminantes).
	Problemas con motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos
	Sistema de control	Comprobar que los interruptores y las pedaleras se encuentren operativas
	Sistema de corte y sujeción hidráulica	Verificar el correcto estado de las electroválvulas, válvulas, mangueras y actuadores.
	Cuchillos	Revisar alineación de los cuchillos. Ajuste de piezas.

Tabla 9. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Taladro manual.*

Problema	Causa	Solución
El motor eléctrico no funciona	Fuente de alimentación no conectada.	Recuperar la fuente alimentación verificarle apretar todos los conectores.
	La escobilla de carbón está obstruida conmutador está desconectado.	Pulsar el botón de restablecimiento y reiniciar el motor eléctrico.
	El protector de sobre corriente no se ha restablecido después de la acción.	Reemplazar el protector de sobre corriente.
Velocidad de perforación lenta	El protector de sobre corriente está dañado	
	Hola vence la vida útil de la broca.	Cambiar la broca.
	Presión de alimentación del taladro es baja.	Aumentar la presión de alimentación.
Atasco de la broca.	La superficie de la hoja de broca está adherida de polvos finos.	Limpiar la broca, aumentar la presión hidráulica.
	Residuos de del recubrimiento de la barra o bloqueo de polvos finos atascados entre el núcleo de perforación o entre la broca y la pared del agujero.	Limpieza de la broca.
	Deslizamiento al cortar la barra de acero gruesa.	Reducir la presión de alimentación aumentar la presión después de introducir la barra.
	Acumulación de polvos dentro del agujero de procesamiento.	Limpiar el fondo del agujero y aumentar la presión.
	Flujo de agua no fluido fuga de agua o no retorno de corriente.	Verificar la válvula de bola de entrada de agua verificar el flujo de agua.

Tabla 10. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Taladro de columna (agujereadora) marca Besser.*

6- Nombre del equipo: Taladro de columna (agujereadora) marca Besser		
Problema	Causa	Solución
El motor eléctrico no funciona	Fuente de alimentación no conectada, conector suelto y desprendido	Recuperar la fuente de alimentación, verificar y apretar todos los conectores
	El protector de sobrecorriente no se ha restablecido después de la acción.	Pulsar el botón de restablecimiento y reinicie el motor eléctrico.
Velocidad de perforación lenta	El protector de sobrecorriente es dañado	Reemplazar el protector de sobrecorriente.
	Vence la vida útil de la broca	Cambiar la broca.
	Presión de alimentación del taladro es demasiado baja.	Aumentar la presión de alimentación.
	La superficie de la hoja de la broca es adherida por los polvos finos.	Limpiar la broca, aumentar la presión hidráulica.
Atasco de la broca.	Deslizamiento al cortar la barra de acero.	Reducir la presión de alimentación, aumentar la presión después de introducir la barra.
	Residuos del recubrimiento de la barra o bloque de polvos finos atascados entre el núcleo de perforación y la broca o entre la broca y la pared de agujero.	Limpiar el núcleo de perforación
	El estante no está fijado bien y tiene desplazamiento.	Fije el estante otra vez.
La pared de la broca tiene un desgaste rápido.	La holgura entre la columna del estante y el manguito deslizante es demasiado grande.	Ajustar la holgura del manguito deslizante.
	El eje principal del taladro no está en posición correcta.	Reparar o reemplazar el eje principal.
	La broca no está en posición correcta.	Reemplazar la broca.
	No se puede descargar la barra de acero o los polvos finos fuera del agujero	Mejorar el flujo de agua, sacar la broca, limpiar el interior del agujero.

Tabla 11. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Esmeril manual.*

7 - Nombre del equipo: Esmeril manual		
Problema	Causa	Solución
Inducido de armadura	Armadura o inducido en mal estado.	Realizar el embobinado de la armadura para continuar utilizando el equipo.
Campo	Rasaduras en la parte interna.	Realizar el embobinado de la armadura para continuar utilizando el equipo. Revisar la continuidad de las puntas con la ayuda de un multímetro. Revisar los baleros para verificar que no haya rasaduras internas.
Conmutador	Hola desgastes del computador colector o desprendimiento de las piezas	Reemplazar por un colector nuevo y por ende embobinar por completo la armadura.
Rotura de disco.	Incremento en las fallas más comunes en amoladoras	Realizar mantenimiento constante para evitar desgastes en baleros engranes carbones y colector.

Tabla 12. *Relación entre problema, causa y solución de fallas en Máquina moladora y tronzadora.*

8 - Nombre del equipo: Máquina moladora y tronzadora		
Problema	Causa	Solución
Piezas acabadas	mal Rotura de disco.	<p>Sustituir el disco cuando esté rajado desgastado o les falta algún diente siempre con el equipo apagado montar el disco tomando en cuenta el sentido de rotación indicado en la máquina.</p> <p>Antes de poner en marcha la máquina verifique visualmente el buen estado del disco de corte girándolo a mano.</p> <p>Verificar que el disco que se va a montar es adecuado para el tipo de material.</p> <p>Una vez que se haya sustituido el disco comprobar que los componentes se han montado correctamente y que los tornillos y tuercas están bien apretados.</p> <p>Verificar que se han retirado las llaves y útiles de reglaje antes de poner en marcha la máquina.</p>
	Movimientos incontrolados.	<p>Apoyar la máquina firmemente sobre el suelo para el arranque y verificar que el disco no esté en contacto con otros objetos.</p>
	Proyección de objetos. Golpes con empuñaduras.	<p>Seguir las indicaciones del fabricante respecto al arranque del motor de la máquina evitar soltar de golpe empuñadura de arranque ceder despacio para que la cuerda vuelva suavemente hacia su posición inicial</p> <p>Mantener la tronzadora en el aire y colocándose detrás del disco, verificar que el acelerador se puede accionar suavemente y que el bloqueo del acelerador funcione de manera adecuada.</p>

Elaboración de un conjunto de actividades para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Evaluación de los efectos del fracaso en la gestión de mantenimiento de la empresa Construmaq Perú S.A.

Para cumplir con esta fase del plan RCM se procedió a recopilar una base de datos con la información suministrada por la empresa en relación con sus indicadores de mantenimiento (factor de uso y de disponibilidad de equipos) para determinar cómo las acciones de mantenimiento llevadas a cabo en la actualidad incidían la eficiencia general de los equipos (OEE). En la Tabla 13 se observan los indicadores de uso, disponibilidad y rendimiento:

Tabla 13. *Indicadores de y antes de la implementación.*

MES	Factor de utilización (%)	Factor disponibilidad física (%)	Factor de rendimiento (%)
Enero	80.98%	90.92%	75.80%
Febrero	83.58%	96.51%	60.10%
Marzo	77.41%	98.22%	86.90%
Abril	81.18%	96.79%	86.03%
Mayo	84.49%	100.02%	83.65%
Junio	82.36%	97.19%	75.02%
Julio	84.31%	96.45%	78.78%
Agosto	85.53%	97.63%	85.26%
Septiembre	84.74%	99.09%	79.22%
Octubre	84.16%	99.70%	83.38%
Noviembre	82.83%	99.89%	75.33%
Diciembre	81.35%	92.74%	84.67%
PROMEDIO	82.74%	97.10%	79.51%

Fuente: Departamento de mantenimiento de la empresa (2020).

Luego, en la Tabla 14 se indican los indicadores relacionados con mantenimiento mecánico (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad), los cuales se obtienen de los tiempos medios entre fallas acumuladas de los equipos y el tiempo medio entre reparaciones:

Tabla 14. *Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad antes de la implementación.*

MES	Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)	Factor de Disponibilidad (%)
Enero	2,010.66	250.69	88.914%
Febrero	1,914.96	222.55	89.588%
Marzo	2,012.96	232.11	89.661%
Abril	2,126.26	162.53	92.899%
Mayo	1,906.56	99.00	95.064%
Junio	2,002.88	124.41	94.152%
Julio	2,235.13	175.32	92.726%
Agosto	1,917.27	150.37	92.727%
Septiembre	1,277.51	141.78	90.011%
Octubre	1,844.65	123.85	93.708%
Noviembre	1,014.71	128.78	88.738%
Diciembre	1,205.71	141.13	89.521%
PROMEDIO	21,469.26	1,952.52	91.664%

Fuente: Departamento de mantenimiento de la empresa (2020).

La tercera fuente de información para el cálculo de la OEE es la calidad, que se obtiene en relación del total de piezas fabricadas y el total de piezas aceptadas conformes por el cliente. En la Tabla 15 se puede observar una relación de los índices de calidad para el año 2018 en la empresa y en la Tabla 16 el cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación del CRM:

Tabla 15. *Indicadores de calidad antes de la implementación.*

Mes	Producción en unidades	Producción aceptada por el cliente	Índice de calidad
Enero	180.00	177.00	0.9833
Febrero	145.00	144.00	0.9931
Marzo	166.00	161.00	0.9699
Abril	142.00	140.00	0.9859
Mayo	145.00	144.00	0.9931
Junio	129.00	128.00	0.9922
Julio	151.00	149.00	0.9868
Agosto	172.00	170.00	0.9884
Setiembre	170.00	167.00	0.9824
Octubre	161.00	160.00	0.9938
Noviembre	174.00	172.00	0.9885
Diciembre	167.00	164.00	0.9820
Total	1,902.00	1,876.00	0.9863

Fuente: Departamento de producción de la empresa (2020).

Tabla 16. *Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.*

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia global de planta (OEE)
Enero	0.8891	0.7580	0.9833	0.6627
Febrero	0.8959	0.6010	0.9931	0.5347
Marzo	0.8966	0.8690	0.9699	0.7557
Abril	0.9290	0.8603	0.9859	0.7880
Mayo	0.9506	0.8365	0.9931	0.7897
Junio	0.9415	0.7502	0.9922	0.7009
Julio	0.9273	0.7878	0.9868	0.7208
Agosto	0.9273	0.8526	0.9884	0.7814
Setiembre	0.9001	0.7922	0.9824	0.7005
Octubre	0.9371	0.8338	0.9938	0.7765
Noviembre	0.8874	0.7533	0.9885	0.6608
Diciembre	0.8952	0.8467	0.9820	0.7444
Promedios	0.9166	0.7951	0.9863	0.7191

Fuente: Departamentos de mantenimiento y producción de la empresa (2020).

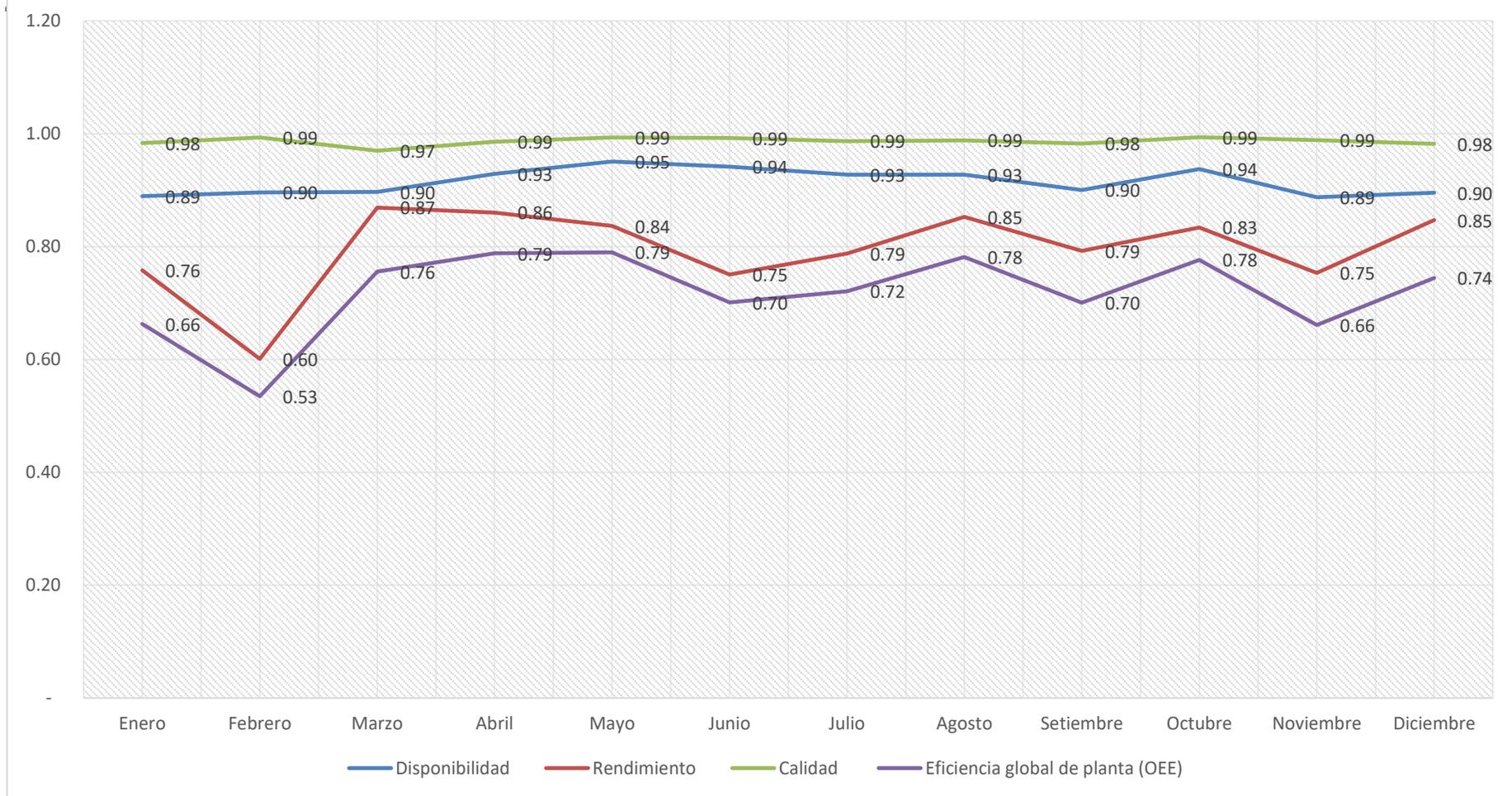


Figura 24. Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.
 Fuente: Departamentos de mantenimiento y producción de la empresa (2020).

Al obtenerse la OEE, se observa un bajo nivel de eficiencia global de planta para el año 2018, estimada en 71.91%. Con esta información, se llevó a cabo un proceso de consulta entre los miembros de los equipos de producción y mantenimiento de la empresa, a quienes se les solicitó aportar ideas en relación con las causas probables de los bajos niveles de eficiencia y disponibilidad de los equipos, los cuales fueron agrupadas en cinco categorías y representadas visualmente en un Diagrama de Causa y Efecto, mostrado en la Figura 23. Las categorías de análisis determinadas y las causas probables de la ineficiencia en la gestión de mantenimiento de la empresa fueron las siguientes:

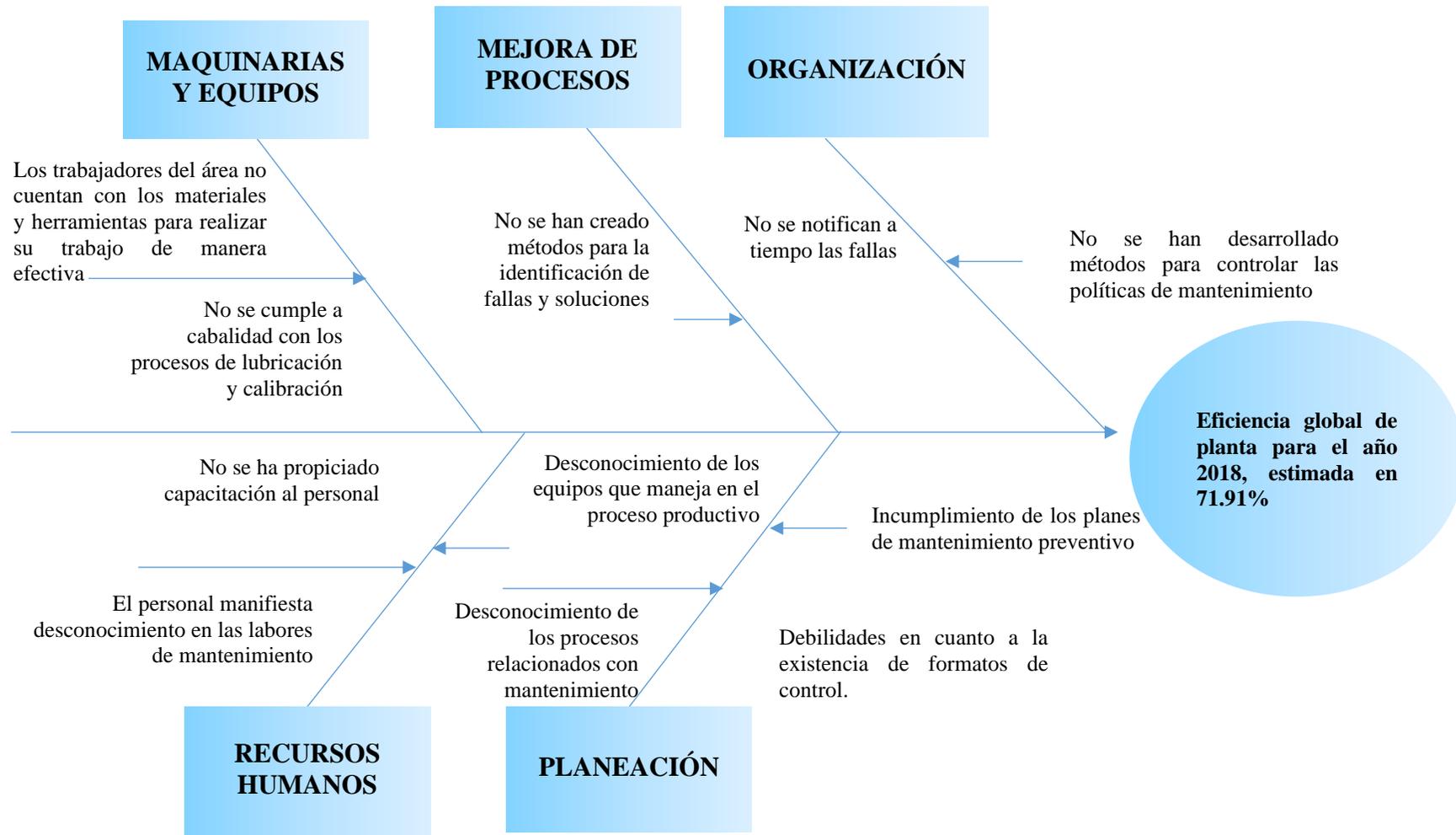


Figura 25. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia global de planta.

Al conocerse las causas de ineficiencia, se procedió a un proceso de observación, para determinar la incidencia con la frecuencia de las fallas determinadas en el diagrama de Ishikawa, con el propósito de establecer prioridades en la implementación del modelo RCM. En la tabla 17 se muestra las fallas más comunes detectadas en el seguimiento del proceso productivo y en la figura 23 se presenta el diagrama de Pareto que muestra la incidencia de estas fallas:

Tabla 17. *Fallas más comunes detectadas en el seguimiento del proceso productivo.*

Descripción	Frecuencia	%	% Acumulado
Incumplimiento planes de mantenimiento	72	33.6%	33.6%
Falta de métodos de identificación	61	28.5%	62.1%
Falta de formatos	35	16.4%	78.5%
Fallas por calibración y lubricación	14	6.5%	85.0%
Desconocimiento del personal	11	5.1%	90.2%
Desconocimiento de equipos	7	3.3%	93.5%
Falta de métodos de control	5	2.3%	95.8%
Falta de herramientas	3	1.4%	97.2%
Falta de capacitación	3	1.4%	98.6%
Retrasos en la notificación	2	0.9%	99.5%
Desconocimiento de procesos	1	0.5%	100.0%
Total	214		

Fuente: Base de datos de la investigación.

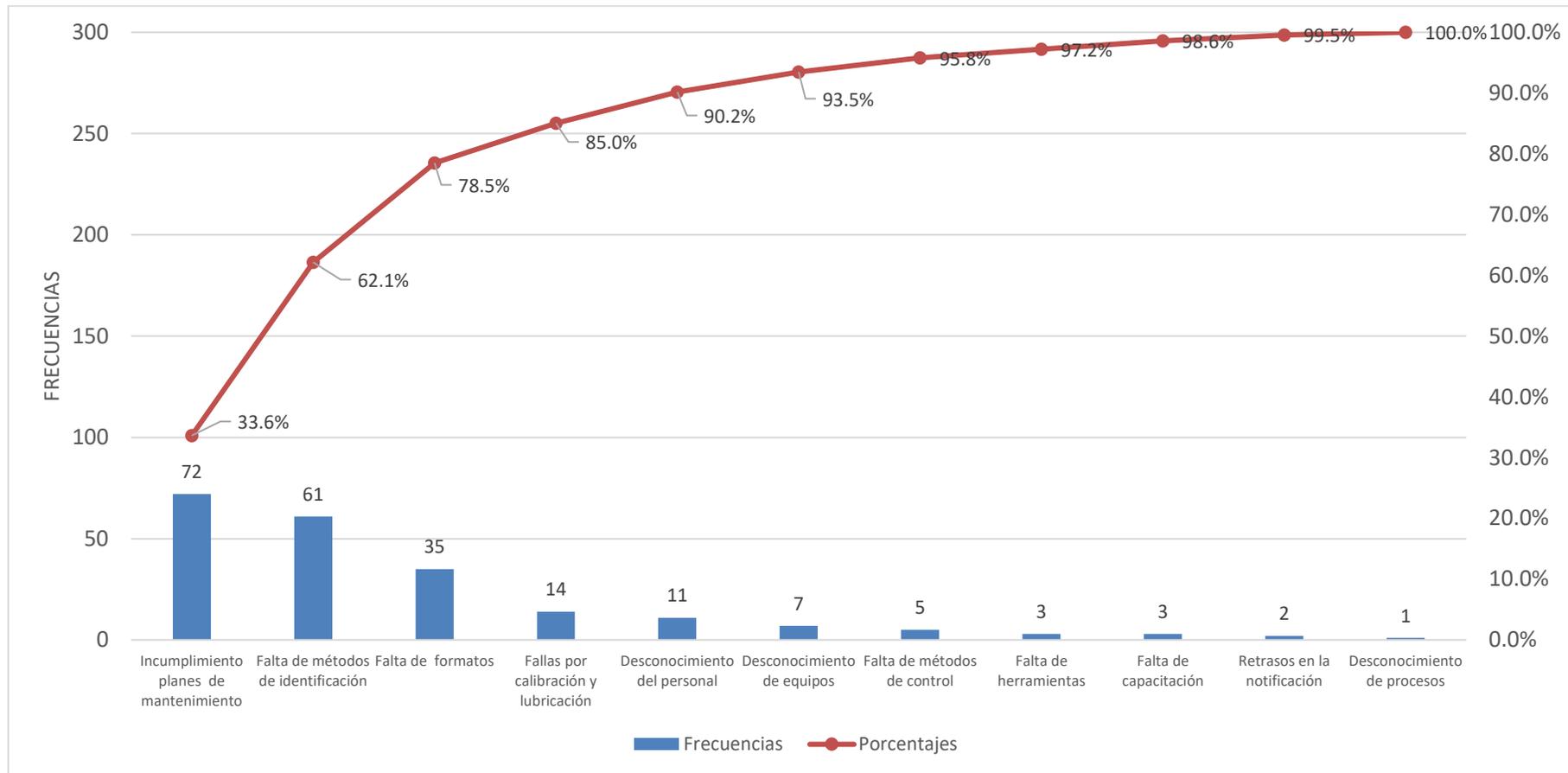


Figura 26. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia global de planta.
Fuente: Elaboración propia (2020).

Implementación de las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Identificación de equipos

Como primer paso del plan de mejoras para la gestión de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A., es básico desarrollar un sistema, mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo. Para tal fin se establece un sistema de códigos de 7 dígitos que ayude en este proceso de identificación. Los tres primeros dígitos del código indican al propietario (Construmaq Perú S.A.), los dos siguientes el nombre de la máquina y los últimos el número de máquina. A continuación se presentan los códigos asignados a las distintas máquinas y equipos de la empresa

Tabla 18. *Codificación de equipos seleccionados para el análisis RCM*

Nombre del equipo	Marca	Código
Matrizadora Bendicrop 60 SD	GEKA	CMP-MB-01
Equipo para soldar mig	ESAB	CMP-SE-01
Máquina Dobladora o plegadora	ZDMT	CMP-DZ-01
Máquina Guillotina	ZDMT	CMP-GZ-01
Taladro manual	Crown	CMP-TC-01
Taladro de columna (agujereadora)	Besser	CMP-TB-01
Esmeril manual	DeWalt	CMP-ED-01
Equipo moladora y tronzadora	DeWalt	CMP-TD-01

Fuente: Elaboración propia (2020)

Análisis de modo de fallas para los equipos y máquinas de la empresa

Construmaq Perú S.A.

El primer paso en el análisis de falla es una vez identificado el modo de falla de la maquina o equipo, el efecto y la causa de la misma. Para la Matrizadora Universal Bendicrop 60 SD se tiene que:

Tabla 19. Análisis de fallas para la Matrizadora Bendicrop 60 SD

Modo de Falla	Efecto de la falla	Causa de la falla
Desgaste de matriz, moldes y dados	Punzonado incorrecto	Uso Normal o Sobrecarga
Desalineación de la bancada	Punzonado incorrecto	Ajuste del tope de posición
Cables y terminales Sulfatados	No enciende la punzadora	Ambiente con alta humedad. Falta de mantenimiento
Corrosión de componentes eléctricos	No enciende la punzadora	Ambiente con alta humedad
Desgaste de matriz, moldes y dados	Punzonado incorrecto	Uso Normal o Sobrecarga

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tabla anterior se puede observar cuáles modos de fallas distintos pueden tener el mismo efecto, así como un mismo modo de falla puede tener dos o más causas distintas. Luego se procedió a evaluar el efecto, la causa de la falla y los controles actuales que utiliza la empresa, en base a la gravedad (S), Probabilidad de ocurrencia (O) y la Detectabilidad (D). Para esto el comité de AMEF analizó cada falla y asignó un valor numérico representativo utilizando las tablas de gravedad, probabilidad y detección que se presentan a continuación:

Tabla 20. *Criterios para evaluar la gravedad de falla para la realización del AMEF*

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el proceso.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Tabla 21. *Criterios para evaluar la Probabilidad de falla para la realización del AMEF*

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Tabla 22. *Criterios para para evaluar la detección de falla para la realización del AMEF.*

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Tabla 23. *Evaluación de Gravedad (S), Frecuencia (O) y Detectabilidad (D) de las fallas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD*

Modos de fallo	Efecto	S	Causa	O	Controles	D
Desgaste de matriz, moldes y dados	Punzonado incorrecto	7	Uso Normal o Sobrecarga	6	Inspección	2
Desalineación de la bancada	Punzonado incorrecto	5	Ajuste del tope de posición	5	Inspección	4
Cables y terminales Sulfatados	No enciende la punzonadora	4	Ambiente con alta humedad. Falta de mantenimiento	6	Inspección Correctivo	4
Corrosión de componentes eléctricos	No enciende la punzonadora	4	Ambiente con alta humedad	6	Inspección	4

Con los valores obtenidos en la tabla anterior se calcula el número de probabilidad de riesgo de la falla (NPR), el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$NPR = S * O * D$$

Ecuación 1. número de probabilidad de riesgo de la falla (NPR)

Tabla 24. *Probabilidad de riesgo de las fallas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD*

Modos de fallo	S	O	D	NPR
Desgaste de matriz, moldes y dados	7	6	2	84
Desalineación de la bancada	5	5	4	100
Cables y terminales Sulfatados	4	6	4	96
Corrosión de componentes eléctricos	4	6	4	96

Una vez obtenidos los respectivos NPR, el comité AMEF procede a analizar las acciones a tomar para la corrección de los modos de falla que presentó el equipo y se realiza el cálculo del nuevo NPR una vez aplicada las correcciones.

Tabla 25. *Probabilidad de riesgo de las fallas luego de las acciones correctivas en la Matrizadora Bendicrop 60 SD*

Modos de fallo	ACCIONES	S	O	D	NPR
Desgaste de matriz, moldes y dados	Reparación de matriz, molde y dados. Disminuir los tiempos de inspección	7	3	1	21
Desalineación de la bancada	Alinear Bancada Disminuir los tiempos de ajuste del equipo	5	3	2	30
Cables y terminales Sulfatados	Cambiar cables y limpiar borneras. Disminuir tiempos de inspección.	4	3	2	24

Corrosión de componentes eléctricos	Sustituir componentes dañados. Mejorar el aislamiento del tablero eléctrico	4	3	2	24
-------------------------------------	---	---	---	---	----

Como se observa en la tabla anterior los NPR de los distintos modos de falla, disminuyen notablemente luego de la toma de las acciones correctivas, las cuales están basadas en la aplicación de una inspección continua de los equipos por parte de los operarios y los técnicos de mantenimiento y la sustitución de partes defectuosas en los equipos, lo cual busca lograr que estos fallen en una menor proporción y las fallas presentadas, se detecten durante las inspecciones del mantenimiento preventivo.

Los AMEF para las demás máquinas y equipos se encuentran en el Anexo 3

Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM

Una vez realizados y analizados los AMEF para cada equipo se procede a la realización de un plan de mantenimiento basado en RCM, el cual se diseña en base a las acciones recomendadas en los AMEF para cada máquina (Ver Tabla 26).

Tabla 26. *Plan de mantenimiento preventivo de la Matrizadora Bendicrop 60 SD*

Falla	Acciones preventivas	Encargado y estrategia
Desgaste de matriz, moldes y dados	Disminuir los tiempos de inspección	Operario (Semanal)
Desalineación de la bancada	Disminuir los tiempos de ajuste del equipo	Operario (Semanal)
Cables y terminales Sulfatados	Disminuir tiempos de inspección.	Técnico electricista (Mensual)
Corrosión de componentes eléctricos	Inspeccionar el aislamiento del tablero eléctrico	Técnico Electricista (Mensual)

A continuación, se presenta el plan general de mantenimiento preventivo elaborado para la empresa Construmaq Perú S.A. en el cual se presentan los lineamientos a seguir

para lograr la disminución de fallas y el óptimo funcionamiento de las máquinas y equipos de la empresa.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	CMQ-PMRF-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS	
	CONSTRUMAQ PERU S.A	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
FECHA DE VIGENCIA: 07/02/2019		VERSIÓN: 01

1. OBJETIVO

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de la empresa CONSTRUMAQ PERU S.A.

2. ALCANCE

Aplica al proceso de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de la empresa CONSTRUMAQ PERU S.A.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.

4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Técnico de mantenimiento, operador del equipo:** Realizar las instrucciones indicadas en el siguiente instructivo.

Elaborado por:	Fecha:	Revisado por:	Fecha:	Aprobado por:	Fecha:
Hermann Padilla	01/02/2019	Jefe de Mantenimiento	04/02/2019	Comité AMEF	07/02/2019

5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ❖ Kit de cuero p/soldador (casaca, pantalón, escaarpines y guantes de cuero).
- ❖ Careta p/soldador c/vidrio inactínico (#12 ó 14).
- ❖ Careta facial (oscura y transparente).
- ❖ Casco de protección.
- ❖ Barbiquejo.

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 1 de 4

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	CMQ-PMRF-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS CONSTRUMAQ PERU S.A	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 07/02/2019	VERSIÓN: 01

- ❖ Lentes de seguridad.
- ❖ Zapatos de seguridad.
- ❖ Guantes de badana.

6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Multímetro
- ❖ Termómetro infrarrojo.
- ❖ Juego destornillador
- ❖ Caja herramientas
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola de engrase
- ❖ Paños
- ❖ Brochas
- ❖ Manguera neumática para conexión a compresor
- ❖ Pistola de aire
- ❖ Cincho ajustable (Para montar filtro)

7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento preventivo de los equipos críticos de la empresa CONSTRUMAQ PERU S.A. de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento.

7.1 Chequeo Diario (Encargado Operario)

- ✓ Verificar ruidos
- ✓ Inspección de las correas de transmisión (Donde aplique)
- ✓ Verificar vibraciones inusuales en los equipos.
- ✓ Verificar Nivel de Aceite o grasa (Donde aplique)
- ✓ Limpieza externa del equipo con aire y brocha.
- ✓ Limpieza de la antorcha y de los rodillos guías de la soldadora
- ✓ Inspeccionar temperatura de la maquina usando el termómetro infrarrojo (Soldadora)
- ✓ Inspección visual general de todo el equipo.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	CMQ-PMRF-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS	
	CONSTRUMAQ PERU S.A	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
FECHA DE VIGENCIA: 07/02/2019		VERSIÓN: 01

7.2 Chequeo Semanal (Técnico mecánico)

- ✓ Inspeccionar Temperatura del Motor y Rodamientos
- ✓ Verificar vibración en la Transmisión de correas
- ✓ Verificar vibración en los resortes
- ✓ Inspección y ajuste de tornillos
- ✓ Inspección visual de equipos

7.3 Chequeo mensual (Técnico mecánico)

- ✓ Inspección de Rodamientos (medir desgaste)
- ✓ Verificar sistema de transmisión (alineación de poleas y fajas)
- ✓ Lubricación de Sistemas
- ✓ Medición de aceite
- ✓ Calibración de mesas de Matrizadora, taladro, Cizalla y Dobladora

7.4 Chequeo trimestral

- ✓ Inspeccionar desgaste de la faja en V
- ✓ Inspeccionar caja de engranajes, topes, guías
- ✓ Inspeccionar tableros eléctricos y conexiones
- ✓ Inspeccionar Conjunto de la excéntrica
- ✓ Barrido y limpieza del sistema hidráulico de la Matrizadora, Cizalla y Dobladora.
- ✓ Cambio de Filtro de la Cizalla y la dobladora.
- ✓ Apriete de Tornillos

7.5 Chequeo anual

- ✓ Cambio de aceite a la Cizalla, dobladora y Matrizadora.
- ✓ Apriete de tornillos
- ✓ Limpieza y Pintura General donde aplique

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	CMQ-PMRF-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS	
	CONSTRUMAQ PERU S.A	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 07/02/2019	VERSIÓN: 01

8. REGISTROS

CQM-ID-XX-2019-01	Registro de inspección diaria
CQM-IS-XX-2019-01	Registro de inspección semanal del equipo
CQM-IM-XX-2019-01	Registro de inspección mensual del equipo
CQM-ISE-XX-2019-01	Registro de inspección semestral del equipo
CQM-IA-XX-2019-01	Registro de inspección anual zaranda del equipo
CQM-RMC-XX-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo del equipo

Control y seguimiento del plan de mantenimiento.

Con el fin de documentar y generar acciones de corrección para las fallas que se vayan sucediendo en los equipos se crea un formato de registro de fallas en el cual se presenta la fecha, el tipo de falla, la descripción de las acciones correctivas, el tiempo de parada y la firma del técnico que realizó la labor. Con esta información se incrementa la base de datos del sistema instaurado y mediante la aplicación de la técnica de los AMEF se irá mejorando el plan de mantenimiento de la empresa y se podrá incrementar la eficiencia de los procesos de la empresa y la disminución de las paradas por mantenimiento (ver Figura 27).

		Formato CMP-RMC-01-2019 Registro de mantenimiento correctivo			Pág.: ____
Equipo:					
Fecha	Incidente	Descripción de acción correctiva	Tiempo parada	Firma	

Figura 27. Registro de mantenimiento correctivo de equipo de la empresa Construmaq Perú S.A.
Fuente: Elaboración propia (2020)

Stock de Repuestos.

Con el fin de disminuir los tiempos de parada y hacer las reparaciones de forma más eficiente se recomendó a la empresa la compra de los repuestos de mayor uso en los distintos equipos de la empresa.

Tabla 27. *Stock de repuestos para los equipos de la empresa Construmaq Perú S.A.*

Equipo	Repuesto	Costo (USD)
Matrizadora Bendicrop	Aceite Lubricante	25.00
	Cable de conexión	5.00
	Fusible 20 A	2.00
Soldadora ESAB	Antorcha o pistola	35.00
	Fusible	2.00
	Rodillos	12.00
Cizalla ZDMA	Termómetro Infrarrojo	80.00
	Resorte de pedal	21.00
	Aceite Lubricante	25.00
Dobladora ZDMA	Grasa	18.00
	Filtro de aceite	12.00
	Resorte de pedal	21.00
Taladro de banco Besser	Aceite Lubricante	25.00
	Grasa	18.00
	Filtro de aceite	12.00
Taladro Crown	Correa V	9.00
	Aceite Lubricante	25.00
	Carbones Motor	3.00
Esmeril DeWalt	Cable conexión	5.00
	Carbones motor	3.00
	Bocina eje	15.00
Tronzadora DeWalt	Cable conexión	5.00
	Discos de corte	28.00
	Carbones motor	3.00
	Cable conexión	5.00
	Carbones motor	3.00

Fuente: Elaboración propia (2020)

Evaluación de los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.

Evaluación de los indicadores de rendimiento, mantenimiento y calidad para el cálculo de la OEE posterior a la implementación de las mejoras:

Una vez implementados los cambios basados en RCM se procedió a recopilar la base de datos con la información suministrada por la empresa en relación con sus indicadores de mantenimiento (factor de uso y de disponibilidad de equipos) para determinar las variaciones en la OEE. En la Tabla 28 se muestran los indicadores de uso, disponibilidad y rendimiento posteriores:

Tabla 28. *Indicadores de uso, disponibilidad y rendimiento después de la implementación.*

MES	Factor de utilización (%)	Factor disponibilidad física (%)	Factor de rendimiento (%)
Enero	84.06%	96.93%	78.15%
Febrero	87.26%	99.11%	77.16%
Marzo	81.05%	100.00%	90.20%
Abril	85.56%	100.00%	89.82%
Mayo	87.53%	100.00%	88.58%
Junio	86.07%	99.78%	80.08%
Julio	89.87%	99.88%	81.61%
Agosto	87.84%	99.87%	89.09%
Septiembre	88.81%	99.91%	84.45%
Octubre	89.13%	100.00%	85.63%
Noviembre	87.80%	99.68%	82.95%
Diciembre	85.50%	95.47%	89.67%
PROMEDIO	86.71%	99.22%	84.78%

Fuente: Departamento de mantenimiento de la empresa (2020).

En comparación con los valores iniciales, se obtuvo un incremento del 3.97% en el factor de utilización de los equipos (de 82.74% en 2018 a 86.71% en 2019), incremento del 2.12% en la disponibilidad física (de 97.10% en 2018 a 99.22% en 2019) y 5.27% en el factor de rendimiento de equipos (de 79.51% en 2018 a 84.78% en 2019). Luego, en la Tabla 29 se indican los indicadores relacionados con mantenimiento mecánico:

Tabla 29. *Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad después de la implementación.*

MES	Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)	Factor de Disponibilidad (%)
Enero	2,513.33	185.51	93.13%
Febrero	2,546.90	146.88	94.55%
Marzo	2,576.59	167.12	93.91%
Abril	3,061.81	94.27	97.01%
Mayo	3,031.43	66.33	97.86%
Junio	3,124.49	59.72	98.12%
Julio	3,307.99	106.95	96.87%
Agosto	2,760.87	109.77	96.18%
Septiembre	1,647.99	94.99	94.55%
Octubre	2,785.42	73.07	97.44%
Noviembre	1,552.51	65.68	95.94%
Diciembre	1,796.51	79.03	95.79%
PROMEDIO	30,705.83	1,249.32	96.09%

Fuente: Departamento de mantenimiento de la empresa (2020).

En la Tabla 29 se puede apreciar un incremento del 43.02% en el tiempo medio entre fallas (21,459.26 horas en 2018 hasta 30,705.83 en 2019), con lo que se incrementa notablemente la confiabilidad de los equipos); una disminución del 63.98% del tiempo medio entre reparaciones (1,952.52 horas en 2018 hasta 1,249.32 en 2019), lo que contribuyó a incrementar el nivel de disponibilidad en 4.43% (91.66% en 2018 hasta 96.09% en 2019).

Tabla 29. *Indicadores de calidad antes de la implementación.*

Mes	Producción en unidades	Producción aceptada por el cliente	Índice de calidad
Enero	181	180	0.9952
Febrero	155	154	0.9921
Marzo	171	171	0.9989
Abril	143	141	0.9888
Mayo	144	143	0.9963
Junio	151	150	0.9921
Julio	156	156	0.9995
Agosto	174	172	0.9874
Setiembre	188	185	0.9859
Octubre	169	167	0.9907
Noviembre	183	183	0.9997
Diciembre	172	171	0.9944
Total	1,987	1,974	0.9934

Fuente: Departamento de producción de la empresa (2020).

 Tabla 30. *Eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación.*

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Enero	0.9313	0.7815	0.9952	0.7243
Febrero	0.9455	0.7716	0.9921	0.7238
Marzo	0.9391	0.9020	0.9989	0.8461
Abril	0.9701	0.8982	0.9888	0.8616
Mayo	0.9786	0.8858	0.9963	0.8636
Junio	0.9812	0.8008	0.9921	0.7795
Julio	0.9687	0.8161	0.9995	0.7902
Agosto	0.9618	0.8909	0.9874	0.8461
Setiembre	0.9455	0.8445	0.9859	0.7872
Octubre	0.9744	0.8563	0.9907	0.8266
Noviembre	0.9594	0.8295	0.9997	0.7956
Diciembre	0.9579	0.8967	0.9944	0.8541
Promedios	0.9609	0.8478	0.9934	0.8093

Fuente: Departamentos de mantenimiento y producción de la empresa (2020).

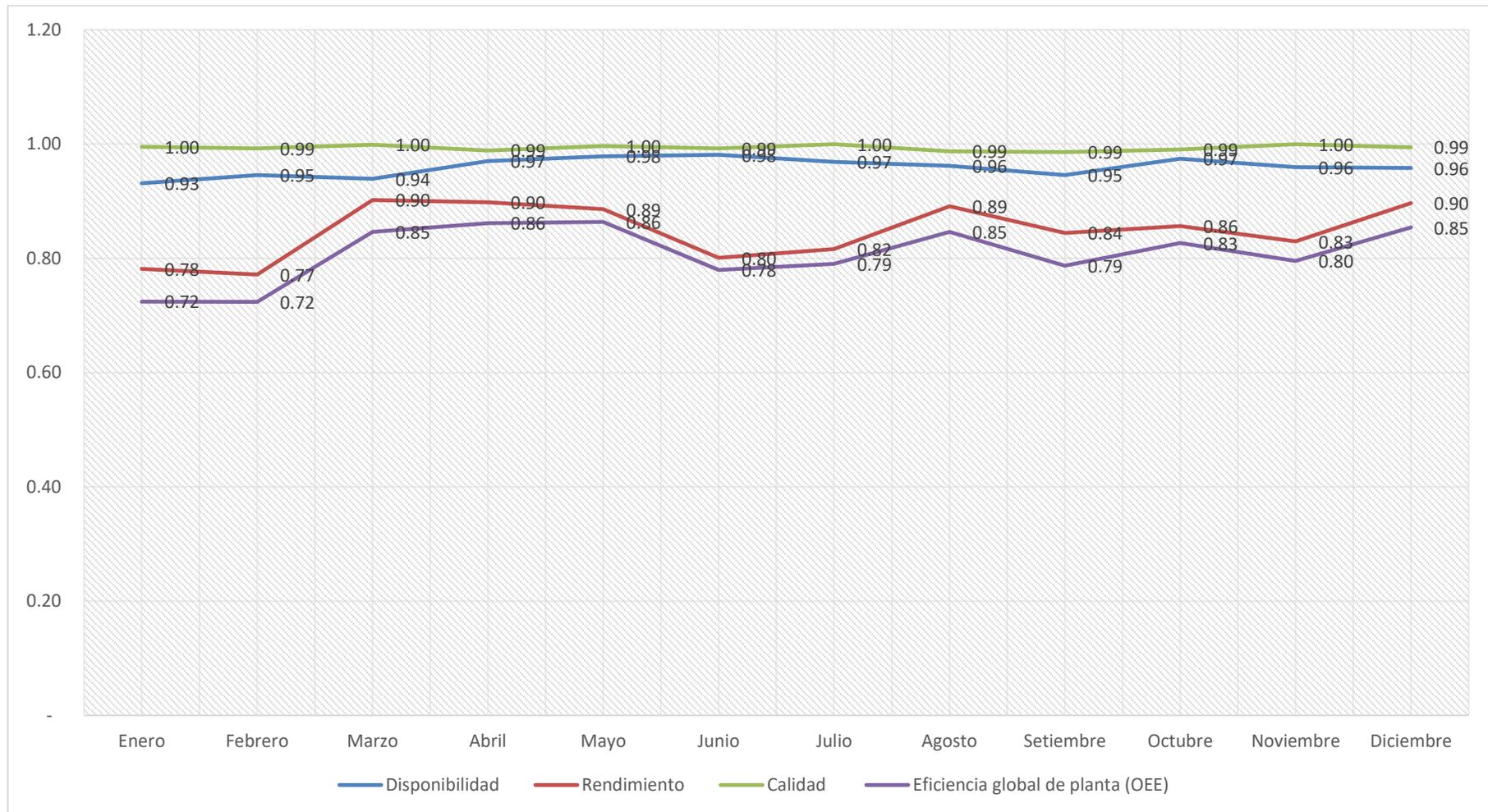


Figura 28. OEE después de la implementación.
 Fuente: Departamentos de mantenimiento y producción de la empresa (2020).

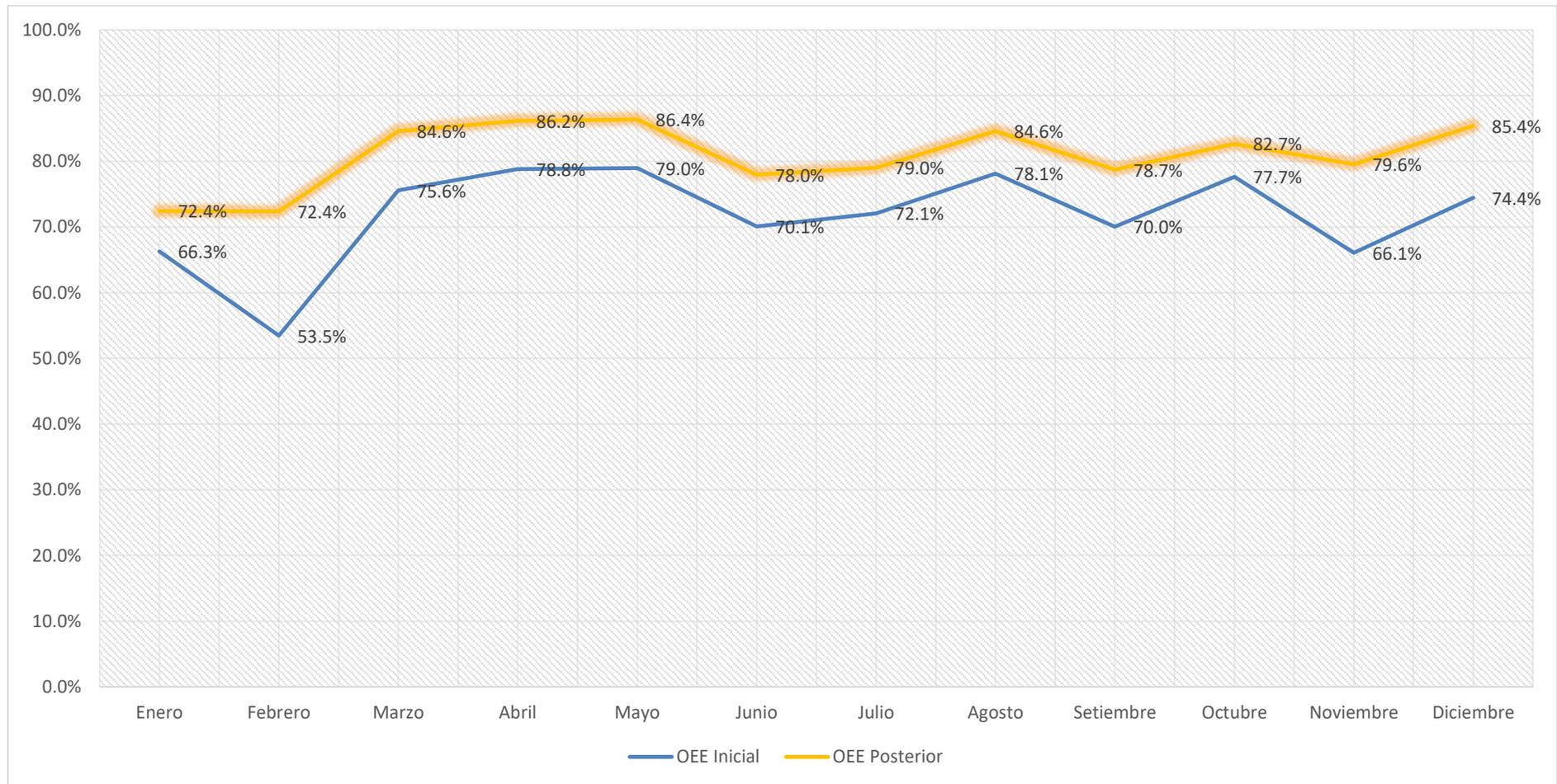


Figura 29. Variaciones en la OEE antes después de la implementación.
Fuente: Departamentos de mantenimiento y producción de la empresa (2020).

Al observar los resultados mostrados en las figuras 28 y 29, se puede apreciar un incremento en la OEE después de la implementación, hasta alcanzar un 9.02% de mejoras. Asimismo, se aprecia que con el incremento en la confiabilidad de los equipos, se obtuvo un incremento del 4.04% de la producción de los tableros eléctricos (de 1,902 en 2018 a 1,978 en 2019). De igual forma, el incremento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos incidió en los gastos por mantenimiento, con una disminución general de USD 13,608.45 en el primer año posterior a la implementación según se aprecia en la Tabla 31:

Tabla 31. *Comparación de los gastos de mantenimiento en la empresa (en USD).*

Mes	Gastos por mantenimiento 2018	Gastos por mantenimiento 2019	Variaciones
Enero	5,256.87	4,587.90	-668.97
Febrero	3,383.73	3,745.22	361.49
Marzo	5,861.10	3,792.04	-2,069.06
Abril	5,317.29	4,494.27	-823.02
Mayo	4,773.48	4,541.08	-232.39
Junio	3,746.27	3,698.41	-47.86
Julio	5,921.53	4,072.93	-1,848.60
Agosto	4,833.90	2,621.66	-2,212.24
Setiembre	4,894.32	4,541.08	-353.24
Octubre	5,800.68	4,119.75	-1,680.93
Noviembre	5,861.10	3,698.41	-2,162.69
Diciembre	4,773.48	2,902.55	-1,870.93
Total	60,423.75	46,815.30	-13,608.45

Fuente: Departamento de producción de la empresa (2020).

Luego en la tabla 32 se relacionan los gastos incurridos durante el proceso de implementación de las estrategias basadas en RCM en la empresa:

Tabla 32. *Estimación de los gastos incurridos en la implementación del RCM*

Descripción	Costo total en USD
Tiempo de del investigador	3,545.00
Horas hombre de empleados del área de mantenimiento	3,890.00
Horas hombres de los operadores de maquinas	3,945.00
Actualización del stock de repuestos	3,687.00
Material de oficina y útiles para elaboración de la propuesta	180.00
Total	15,247.00

Con toda la información obtenida se procedió a la elaboración de los indicadores financieros para tal fin se presentan las siguientes tablas:

En la Tabla 33 se muestra el flujo de caja proyectado sin implementación, es decir el comportamiento financiero de los ingresos y egresos sin que se hubiesen hecho mejoras a partir de los gastos de mantenimiento estimados para el año 2018 y los niveles de producción estimado para el mismo año.

En la Tabla 34 se observa el flujo de caja proyectado con implementación en estas incluyen los ingresos y egresos a partir del incremento en la producción observado en el primer año posterior a la implementación y la reducción en los gastos de mantenimiento. Las premisas que se consideraron para la elaboración de los cálculos fueron las siguientes:

- a) se prevé una inflación interanual estimada en 2%
- b) la empresa estima incrementar sus ventas en una razón del 10% interanual;
- c) el volumen de ventas del tablero pequeño corresponde al 55% del total de las ventas y el tablero media no corresponde al 45% del total de las ventas;
- d) los gastos de mantenimiento sin implementación equivalen al 6.55% de los ingresos mientras que después de la implementación equivalen al 4.88%;
- e) los

gastos de administración equivalen al 2% de las ventas y f) los gastos administrativos se considera una reserva del 0.5%.

Una vez elaborados los flujos de caja la información obtenida permitió observar los incrementos tanto en los ingresos como los egresos con lo cual se procedió a la obtención de los indicadores financieros (Tabla 35) con los que demostró la factibilidad económica de los cambios implementados: Flujo de caja incremental (estimado en USD 20,974.45) Valor Agregado Neto (USD 69,648.08) Tasa interna de retorno (146%), relación costo beneficio (USD 6.00 por cada unidad monetaria invertida) y tiempo de recuperación, estimada en 10 meses:

Tabla 33. *Flujo de caja proyectado sin implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO SIN IMPLEMENTACIÓN						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS						
Precio ventas tablero pequeño		350.00	357.00	364.14	371.42	378.85
Precio ventas tablero mediano		650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Ventas tablero pequeño (unidades)		1,046	1,151	1,266	1,392	1,531
Ventas tablero mediano (unidades)		856	942	1,036	1,139	1,253
Ingresos por ventas tablero pequeño		366,100.00	410,764.20	460,877.43	517,104.48	580,191.23
Ingresos por ventas tablero mediano		556,400.00	612,040.00	673,244.00	740,568.40	814,625.24
TOTAL INGRESOS		922,500.00	1,022,804.20	1,134,121.43	1,257,672.88	1,394,816.47
EGRESOS						
Costo de operación		710,325.00	787,559.23	873,273.50	968,408.12	1,074,008.68
Gastos de mantenimiento		60,423.75	66,993.68	74,284.95	82,377.57	91,360.48
Gastos de administración y ventas		23,062.50	25,570.11	28,353.04	31,441.82	34,870.41
Gastos generales		4,612.50	5,114.02	5,670.61	6,288.36	6,974.08
TOTAL EGRESOS		798,423.75	885,237.04	981,582.10	1,088,515.88	1,207,213.65
Utilidad bruta		124,076.25	137,567.16	152,539.33	169,157.00	187,602.81
Impuesto a la Renta (29.5%)		36,602.49	40,582.31	44,999.10	49,901.32	55,342.83
Utilidad neta		87,473.76	96,984.85	107,540.23	119,255.69	132,259.98
Flujos de inversión		-	-	-	-	-
Flujo neto económico	-	87,473.76	96,984.85	107,540.23	119,255.69	132,259.98

Tabla 34. *Flujo de caja proyectado con implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO CON IMPLEMENTACIÓN						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS						
Precio ventas tablero pequeño		350.00	357.00	364.14	371.42	378.85
Precio ventas tablero mediano		650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Ventas tablero pequeño (unidades)		1,088	1,197	1,316	1,448	1,593
Ventas tablero mediano (unidades)		890	979	1,077	1,185	1,303
Ingresos por ventas tablero pequeño		380,765.00	427,218.33	479,338.97	537,818.32	603,432.16
Ingresos por ventas tablero mediano		578,565.00	636,421.50	700,063.65	770,070.02	847,077.02
TOTAL INGRESOS		959,330.00	1,063,639.83	1,179,402.62	1,307,888.34	1,450,509.17
EGRESOS						
Costo de operación		738,684.10	819,002.67	908,140.01	1,007,074.02	1,116,892.06
Gastos de mantenimiento		46,815.30	51,905.62	57,554.85	63,824.95	70,784.85
Gastos de administración y ventas		23,983.25	26,591.00	29,485.07	32,697.21	36,262.73
Gastos generales		4,796.65	5,318.20	5,897.01	6,539.44	7,252.55
TOTAL EGRESOS		814,279.30	902,817.49	1,001,076.94	1,110,135.62	1,231,192.18
Utilidad bruta		145,050.70	160,822.34	178,325.68	197,752.72	219,316.99
Impuesto a la Renta (29.5%)		42,789.96	47,442.59	52,606.07	58,337.05	64,698.51
Utilidad neta		102,260.74	113,379.75	125,719.60	139,415.66	154,618.48
Flujos de inversión	15,247.00	-	-	-	-	-
Flujo neto económico	-15,247.00	102,260.74	113,379.75	125,719.60	139,415.66	154,618.48

Tabla 35. *Indicadores financieros*

FLUJO DE CAJA INCREMENTAL

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS ADICIONALES		36,830.00	40,835.63	45,281.18	50,215.46	55,692.71
EGRESOS OPERACIONALES (INCREMENTAL) (CON PY-SIN PROY)		15,855.55	17,580.45	19,494.84	21,619.74	23,978.53
INVERSIÓN	15,247.00					
FLUJO DE CAJA INCREMENTAL	-15,247.00	20,974.45	23,255.18	25,786.34	28,595.71	31,714.17
TASA DE DESCUENTO (WAAC)	15%					
VAN	69,648.08					
TIR	146%					
B/C	BENEFICIOS	84,895.08				
	COSTOS	15,247				
B/C	\$6					

PB

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-15,247.00	18,238.65	17,584.26	16,954.94	16,349.69	15,767.55
FLUJO ACUMULADO		2,991.65				

EN 12 MESES \$18,239

EN X MESES \$15,247

X **10.032**

PB **TIEMPO DE RECUPERO DE LA INVERSIÓN = 10.03 MESES**

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado tuvo como propósito aplicar un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A., Lima 2019, de lo cual que concluye que una vez cumplidos los pasos metodológicos para la implementación del RCM en la empresa, se logró incrementar en 43.02% la confiabilidad de los equipos, lo que contribuyó a aumentar la disponibilidad en 96.09%, los niveles de producción en 4.04% y un incremento en 9.02% en la eficiencia general de equipos. En relación con los objetivos específicos, se emitieron las siguientes conclusiones:

En cuanto al primer objetivo específico, se logró diagnosticar la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A., se concluyó que las tareas más importantes antes de implementar un modelo basado en RCM está la selección de los equipos a incluir en el plan y su importancia en el proceso productivo; definir las formas como estos equipos pueden fallar e identificar las causas fundamentales de los modos de falla. De esta manera, se seleccionaron os ocho equipos más críticos para los procesos de fabricación de la empresa.

En lo que respecta al segundo objetivo específico, elaborar un conjunto de actividades para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa, se concluyó que mediante la aplicación de los indicadores de uso, disponibilidad y rendimiento, así como los indicadores de mantenimiento, se determinaron los siguientes índices base: a) utilización de equipos en 82.74%, b) disponibilidad física de 97.10%, c) factor de rendimiento de 79.51%, d) confiabilidad

de 21.469.26 horas; e) tiempo medio entre reparaciones de 1,952.52 horas, f) disponibilidad de 91.66% y g) eficiencia global de planta en 71.91%. Al conocerse las causas de ineficiencia, se procedió a un proceso de observación, para determinar la incidencia con la frecuencia de las fallas determinadas, las cuales fueron priorizadas de la siguiente manera: incumplimiento planes de mantenimiento; falta de métodos de identificación; falta de formatos y fallas por calibración y lubricación.

En relación con el tercer objetivo específico, implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basados en el RCM en la empresa, se concluyó que dicho plan estuvo conformado por un plan de mantenimiento preventivo a los equipos incluidos en la intervención; creación de formatos de análisis y modos de fallas; formatos de control para el registro de mantenimiento correctivo y actualización de los inventarios de repuestos. Después de tres meses de intervención, los indicadores de seguimiento mostraron notables mejorías: a) utilización de equipos en 86.71%, b) disponibilidad física de 99.22%, c) factor de rendimiento de 84.78%, d) confiabilidad de 30.705.83 horas; e) tiempo medio entre reparaciones de 1,249.32 horas, f) disponibilidad de 96.09% y g) OEE en 80.93%.

Finalmente, en el cuarto objetivo específico, se evaluaron los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa, se pudo concluir que una vez elaborados los flujos de caja la información obtenida permitió observar los incrementos, tanto en los ingresos como los egresos con lo cual se procedió a la obtención de los indicadores financieros. con los que demostró la factibilidad económica de los cambios implementados: Flujo de caja incremental (estimado en USD 20,974.45)

VAN (USD 69,648.08) TIR (146%) relación costo beneficio (USD 6.00 por cada unidad monetaria invertida) y tiempo de recuperación, estimada en 10 meses.

RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el estudio en la empresa Construmaq, S.A. se recomienda a la organización y su personal directivo y gerencial a implementar otras iniciativas de mejora continua que contribuyan con el incremento de la productividad y la satisfacción de los clientes y la creación de un ambiente trabajo que favorezca el crecimiento de la organización.

Por otra parte, se recomienda ampliar el plan RCM a otros equipos y maquinarias de la empresa, de manera tal que se pueda contar con indicadores de disponibilidad y confiabilidad acordes con los requisitos de calidad de la empresa y que estos incidan favorablemente sobre los resultados financieros de la empresa y la vida útil de sus maquinarias y equipos.

Asimismo se recomienda brindar capacitación y formación continua al equipo de trabajo tanto de gerentes y supervisores como a los operadores de planta y mecánicos de mantenimiento para incrementar sus habilidades y competencias y que estas puedan ser puestas al servicio de la organización.

REFERENCIAS

- Azid, N., Shamsudin, S., Yusoff, M. y Samat, H. (2019). *Materials Science and Engineering*, (2019), 1-14. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/530/1/012050>
- Bergamo, R. y Romano, L. (2016). Agricultural machinery and implements design process: guidelines for small and mid-sized businesses. *System Reliability*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69286>
- De Carlo, F. y Arleo, M. (2017). Imperfect Maintenance Models, from Theory to Practice. *Intechopensk* (69286). Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69286>
- Catelani, M., Ciani, L., Galar, D. y Patrizi, G. (2020). Optimizing maintenance policies for a yaw system using reliability centered maintenance and data-driven condition monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 15 (1) , 1-9. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1109/TIM.2020.2968160>
- Fraser, K. Hvolby, H. y Tseng, T: (2017). Maintenance management models: a study of the published literature to identify empirical evidence. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32 (6), 635-664. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-11-2013-0185>
- García, C. (2019), *Mantenimiento basado en la confiabilidad para la excavadora 300*. (Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12091>

Gupta, G. y Mishra, G. (2016). A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22 (2), 1-19.

Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1108/JQME-01-2015-0002>

Haidar, A. (2016). Reliability centered maintenance: Different Implementation Approaches. (Tesis de maestría). Luleå University of Technology, Suecia.

Recuperado de: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:974288/FULLTEXT01.pdf>

Irajpour, A., Najafabadi, A., Mahbod, M. y Karimi, M. (2014). A Framework to Determine the Effectiveness of Maintenance Strategies Lean Thinking Approach.

Mathematical Problems in Engineering, 2014 (132140). Recuperado de:

<https://doi.org/10.1155/2014/132140>

Karevan, A. y Vasili, M. (2018). Sustainable Reliability Centered Maintenance Optimization Considering Risk Attitude. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*,

5 (3), 205-222. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.22105/jarie.2018.79157>

Liu, Z., Wang, P. y Zhang, A. (2012). Research on equipment maintenance management based on the total quality management theory. *International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*,

(2012) 1372-1374,

Recuperado de: <http://dx.doi.org/110.1109/ICQR2MSE.2012.6246476>

Nallusamy, S. y Majumdar, G. (2017). Enhancement of Overall Equipment Effectiveness using Total Productive Maintenance in a Manufacturing Industry. *International Journal of Performability Engineering*,

13 (2), 173-188. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.23940/IJPE.17.02.P7.173188>

- Piasson, D., Bísvaro, A., Leao, F. y Sanches, J. (2016). A new approach for reliability-centered maintenance programs in electric power distribution systems based on a multiobjective genetic algorithm. *Electric Power Systems Research*, 137 (2016), 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.040>
- Pourahmadi, F. Fotuhi-Firuzabad, M. y Dehghanian, P. (2017) Application of Game Theory in Reliability-Centered Maintenance of Electric Power Systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53 (2) 936-946. Recuperado de: <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2639454>
- Reaño, L. (2019), *Propuesta de RCM en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías*. (Tesis Para optar por el título de ingeniero industrial). Universidad Tecnológica del Perú, Chiclayo. Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2058>
- Regan, N. (2012). *The RCM solution: a practical guide to starting and maintaining a successful RCM program*. New York: Industrial Press, Inc.
- Ren, D. (2016). Reliability centered maintenance for condition based maintenance application on transformation equipment. *Electronics, Electrical Engineering and Information Science*, 2016 (1), 100-105. Recuperado de: https://doi.org/10.1142/9789814740135_0011
- Salah, M., Osman, H. y Hosny, O. (2018). Performance-Based Reliability-Centered Maintenance Planning for Hospital Facilities. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32 (1), 1-20. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001112](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001112)

San Martín, C. (2018). Aplicación del RCM a turbinas de vapor de una fábrica de etanol (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico- Eléctrico). Universidad de Piura.

Recuperado de:

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3670>

Shuaib, Y. (2010). Machinery and equipment maintenance cultures in nigerian public and private economy sectors: Ilorin township as a case study. *Engineering Conference of Institute of Technology*, 2 (1), 1-10.

<https://www.researchgate.net/publication/261179251>

Stecula, K. y Brodny (2016). Application of the Overall Equipment Effectiveness method to improve the effectiveness of the mechanized longwall system's work in the coal exploitation process. *Smart City: A Holistic Approach*. Recuperado de:

<https://www.researchgate.net/publication/305443083>

Tsarouhas, P. (2019). Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE): A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68 (1), 88-108. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2018-0060>

Tang, Y., Liu, Q., Jing, J. Yang, Y. y Zou, Z. (2016). A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance. *Energy Journal*, 2016 (1), 1.9. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>

Zambrano, P. (2017). *Elaboración de un plan de RCM para el área de bunchado en planta Electroables de la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de grado) Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/24496/1/TESIS%20JIMENEZ%20ZA>

[MBRANO%20PABLO.pdf](#)

ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de consistencia*

Título	Aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú s.a., Lima 2019.		
Problema	Objetivos	Marco Teórico	Variables
<p>General</p> <p>¿Cómo mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en la empresa Construmaq Perú S.A.?</p> <p>Específicos</p> <p>¿Cuál es la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa?</p> <p>¿Cuáles serán las actividades más adecuadas para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa?</p> <p>¿Cómo implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa?</p> <p>¿Cuáles serían los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos en la empresa Construmaq Perú S.A.?</p>	<p>General</p> <p>Aplicar un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A., Lima 2019.</p> <p>Específicos</p> <p>Diagnosticar la situación actual en la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa.</p> <p>Elaborar un conjunto de actividades para mejorar la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa.</p> <p>Implementar las acciones propuestas en el plan de mejora para la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM.</p> <p>Evaluar los costos y beneficios de la aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el RCM en la empresa Construmaq Perú S.A.</p>	<p>Antecedentes</p> <p>Catelani, Ciani, Galar y Patrizi (2020), <i>Optimización de las políticas de mantenimiento para un sistema de guiñada mediante RCM y monitoreo de condición basado en datos</i></p> <p>Karevan y Vasili (2018), <i>Optimización del RCM sostenible teniendo en cuenta la actitud frente al riesgo.</i></p> <p>Gupta y Mishra (2016), <i>Un análisis FODA del marco de RCM.</i></p> <p>García (2019), <i>RCM para la excavadora 300.</i></p> <p>Vásquez (2019), <i>Propuesta de RCM en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías.</i></p> <p>San Martín (2018), <i>Aplicación del RCM a turbinas de vapor de una fábrica de etanol.</i></p> <p>Bases Teóricas</p> <p>Gestión de mantenimiento.</p> <p>RCM</p> <p>Maquinarias y equipos industriales</p>	<p>Independiente:</p> <p>RCM: tecnología que se ha aprovechado como estrategia de mantenimiento que puede ser funcional para mejorar la disponibilidad del equipo y su confiabilidad, y a la vez, reducir los costos operativos y de mantenimiento (Ren, 2016).</p> <p>Dependiente:</p> <p>Gestión de maquinarias y equipos: el adecuado manejo de los activos utilizados por un fabricante en un establecimiento de fabricación. La maquinaria es cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico diseñado y utilizado para realizar alguna función y producir un determinado efecto o resultado (Stecula y Brodny, 2016).</p>

Anexo 2. Fichas técnicas de los equipos incluidos en el plan de RCM de la empresa.

 <p>FICHA TECNICA</p>		CODIGO INTERNO: CMP-FT-SE-01	Pagina: 1 de 1																										
		SOLDADORA MIG MAG ESAB																											
<table border="1"> <thead> <tr style="background-color: yellow;"> <th>CARACTERISTICA</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>840 mm</td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>830 mm</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>425 mm</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de Funcionamiento</td> <td>-10 to +40 °C</td> </tr> <tr> <td>Rango de corriente</td> <td>40-340 A</td> </tr> <tr> <td>Eficiencia a máxima corriente</td> <td>75 %</td> </tr> <tr> <td>Protección</td> <td>IP 23</td> </tr> <tr> <td>Rango de voltaje</td> <td>16-31 V</td> </tr> <tr> <td>Longitud de Hilo por Minuto</td> <td>1.9-20 m/min</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del hilo</td> <td>0.6-1.2 mm</td> </tr> <tr> <td>Voltaje de entrada</td> <td>3 Fases 400- 415 V</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>120 Kg</td> </tr> </tbody> </table>				CARACTERISTICA	VALOR	Altura	840 mm	Ancho	830 mm	Longitud	425 mm	Temperatura de Funcionamiento	-10 to +40 °C	Rango de corriente	40-340 A	Eficiencia a máxima corriente	75 %	Protección	IP 23	Rango de voltaje	16-31 V	Longitud de Hilo por Minuto	1.9-20 m/min	Diámetro del hilo	0.6-1.2 mm	Voltaje de entrada	3 Fases 400- 415 V	Peso	120 Kg
CARACTERISTICA	VALOR																												
Altura	840 mm																												
Ancho	830 mm																												
Longitud	425 mm																												
Temperatura de Funcionamiento	-10 to +40 °C																												
Rango de corriente	40-340 A																												
Eficiencia a máxima corriente	75 %																												
Protección	IP 23																												
Rango de voltaje	16-31 V																												
Longitud de Hilo por Minuto	1.9-20 m/min																												
Diámetro del hilo	0.6-1.2 mm																												
Voltaje de entrada	3 Fases 400- 415 V																												
Peso	120 Kg																												



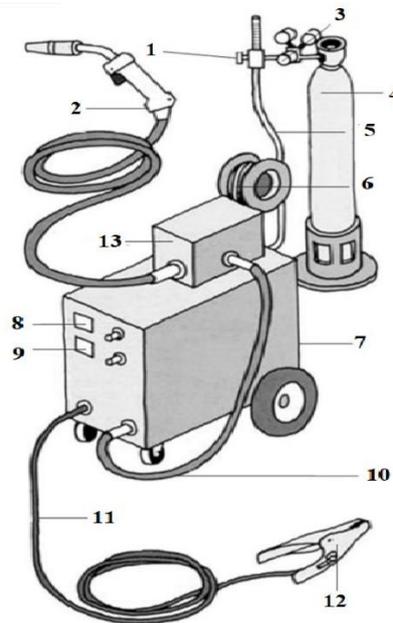
**SOLDADORA MIG MAG
ESAB**



CODIGO INTERNO: CMP-LP-SE-01

PAGINA: 1 DE 1

LISTADO DE PIEZAS



PIEZA	CANT	DESCRIPCION
1	1	Caudalímetro
2	1	Antorcha o pistola de soldadura
3	1	Regulador de presión
4	1	Cilindro de gas protector
5	1	Manguera de suministro de gas
6	1	Electrodo (hilo)
7	1	Fuente de energía
8	1	Amperímetro
9	1	Voltímetro
10	1	Cable de potencia
11	1	Cable de retorno
12	1	Pinza de masa
13	1	Alimentador del alambre consumible



FICHA TECNICA



CODIGO INTERNO: CMP-FT-DZ-01

Pagina: 1 de 1

DOBLADORA ZDMT-12532

CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Capacidad (TON)	120
Tamaño de pliegue (mm)	3125
Ancho de trabajo (mm)	3125
Tamaño maquina (mm)	3720x1630x2800.
Potencia (W)	9500



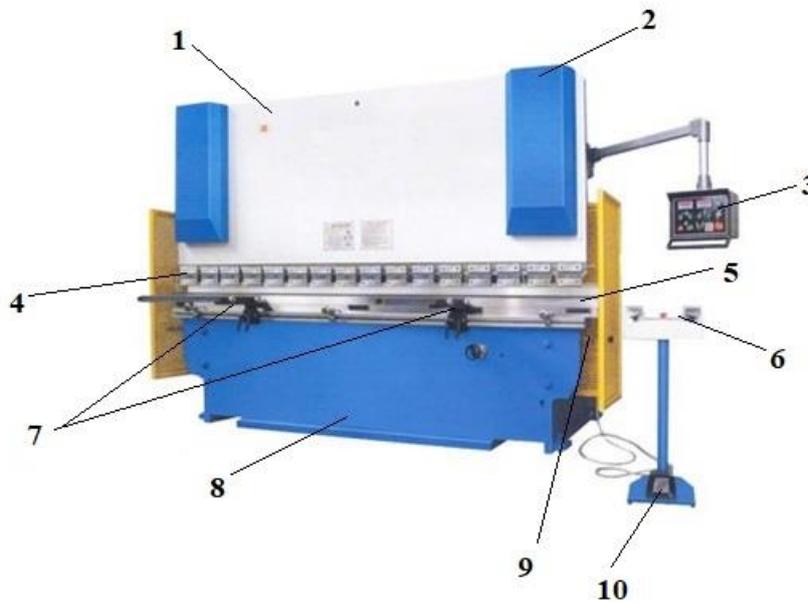
DOBLADORA ZDMT



CODIGO INTERNO: CMP-LP-DZ-01

PAGINA: 1 de 1

LISTA DE PIEZAS



PARTE	CANT.	DESCRIPCION
1	1	Bastidor Superior
2	2	Cilindro Hidráulico
3	1	Tablero de Control CNC
4	1	Punzón de doblado
5	1	Matriz Fija de doblado
6	1	Dispositivo de accionamiento
7	2	Mesa o apoyo de laminas
8	1	Bastidor inferior
9	1	Control hidráulico - Eléctrico
10	1	Pedal de accionamiento



FICHA TECNICA



CODIGO INTERNO: CMP-FT-GZ-01

Pagina: 1 de 1

CIZALLA ZDMT-632

CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Consumo de potencia (W)	7500
Tamaño de corte (mm)	6 x 3200
Altura de trabajo (mm)	800
Tamaño maquina (mm)	3840x1660x1620
Tipo de material que corta	Aluminio, aleación de aluminio, acero al carbono, hierro fundido, placa de acero laminado en frío, cobre, hierro

 CONSTRUMAQ PERÚ S.A. CIZALLA ZMDT		
	CODIGO INTERNO: CMP-LP-CZ-01	PAGINA 1 DE 1
LISTADO DE PARTES		

 CONSTRUMAQ PERÚ S.A. FICHA TECNICA		
	CODIGO INTERNO: CMP-FT-TB-01	PAGINA: 1 DE 1
TALADRO DE COLUMNA BESSER		

CARACTERISTICA		VALOR
Voltaje	(V)	220-230 (50/60 Hz)
Potencia de Salida	(W)	1040
Amperaje	(A)	3
Velocidad de giro	(min^{-1})	570 a 3050
Capacidad del mandril o portabrocas	(pulg)	1/16 – 1/2
Peso	(kg)	140
Presión Acústica	(dB (A))	75



FICHA TECNICA



**CODIGO INTERNO: CMP-FT-
TB-01**

**PAGINA: 1 DE
1**

TALADRO DE COLUMNA BESSER

CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Potencia de Salida (W)	1040
Amperaje (A)	3
Velocidad de giro (min^{-1})	570 a 3050
Capacidad del mandril o portabrocas (pulg)	1/16 – 1/2
Peso (kg)	140
Presión Acústica (dB (A))	75

 <p>CONSTRUMAQ PERÚ S.A.</p> <p>TALADRO DE COLUMNA BESSER</p>																																																																																																												
		CODIGO INTERNO: CMP-LP-TB-01	PAGINA: 2 DE 4																																																																																																									
LISTADO DE PIEZAS																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARTE</th> <th>CANT.</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>Base</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>Soporte de columna</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>Cuerpo de Columna</td></tr> <tr><td>5</td><td>3</td><td>Tornillos cab. Hex.</td></tr> <tr><td>6</td><td>1</td><td>Soporte de mesa</td></tr> <tr><td>7</td><td>1</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>8</td><td>1</td><td>Tuerca hexagonal</td></tr> <tr><td>9</td><td>1</td><td>Anillo</td></tr> <tr><td>10</td><td>1</td><td>Tornillo de profundidad</td></tr> <tr><td>11</td><td>2</td><td>Tuercas de ajuste</td></tr> <tr><td>12</td><td>1</td><td>Apuntador</td></tr> <tr><td>13</td><td>1</td><td>Tornillos cab. Hex.</td></tr> <tr><td>16</td><td>1</td><td>Escala de inclinación</td></tr> <tr><td>18</td><td>2</td><td>Prisionero</td></tr> <tr><td>19</td><td>1</td><td>Manivela aseg. de mesa</td></tr> <tr><td>21</td><td>1</td><td>Mesa</td></tr> <tr><td>25</td><td>1</td><td>Cabezal</td></tr> <tr><td>26</td><td>2</td><td>Prisionero</td></tr> <tr><td>31</td><td>1</td><td>Resorte</td></tr> <tr><td>32</td><td>1</td><td>Barra de motor</td></tr> <tr><td>33</td><td>1</td><td>Tornillo de cambio</td></tr> <tr><td>35</td><td>2</td><td>Roldana plana</td></tr> <tr><td>36</td><td>2</td><td>Tornillo cab. Hex.</td></tr> <tr><td>38</td><td>1</td><td>Flecha de alimentación</td></tr> <tr><td>43</td><td>3</td><td>Barra de alimentación</td></tr> <tr><td>44</td><td>3</td><td>Perilla</td></tr> <tr><td>49</td><td>1</td><td>Espiral</td></tr> <tr><td>50</td><td>1</td><td>Cubierta de espiral</td></tr> <tr><td>53</td><td>2</td><td>Tuerca hexagonal</td></tr> <tr><td>54</td><td>1</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>55</td><td>1</td><td>Tuerca hexagonal</td></tr> <tr><td>56</td><td>1</td><td>Canilla</td></tr> <tr><td>57</td><td>1</td><td>Empaque</td></tr> <tr><td>58</td><td>1</td><td>Husillo</td></tr> </tbody> </table>				PARTE	CANT.	DESCRIPCION	1	1	Base	2	1	Soporte de columna	4	1	Cuerpo de Columna	5	3	Tornillos cab. Hex.	6	1	Soporte de mesa	7	1	Tornillo	8	1	Tuerca hexagonal	9	1	Anillo	10	1	Tornillo de profundidad	11	2	Tuercas de ajuste	12	1	Apuntador	13	1	Tornillos cab. Hex.	16	1	Escala de inclinación	18	2	Prisionero	19	1	Manivela aseg. de mesa	21	1	Mesa	25	1	Cabezal	26	2	Prisionero	31	1	Resorte	32	1	Barra de motor	33	1	Tornillo de cambio	35	2	Roldana plana	36	2	Tornillo cab. Hex.	38	1	Flecha de alimentación	43	3	Barra de alimentación	44	3	Perilla	49	1	Espiral	50	1	Cubierta de espiral	53	2	Tuerca hexagonal	54	1	Tornillo	55	1	Tuerca hexagonal	56	1	Canilla	57	1	Empaque	58	1	Husillo
PARTE	CANT.	DESCRIPCION																																																																																																										
1	1	Base																																																																																																										
2	1	Soporte de columna																																																																																																										
4	1	Cuerpo de Columna																																																																																																										
5	3	Tornillos cab. Hex.																																																																																																										
6	1	Soporte de mesa																																																																																																										
7	1	Tornillo																																																																																																										
8	1	Tuerca hexagonal																																																																																																										
9	1	Anillo																																																																																																										
10	1	Tornillo de profundidad																																																																																																										
11	2	Tuercas de ajuste																																																																																																										
12	1	Apuntador																																																																																																										
13	1	Tornillos cab. Hex.																																																																																																										
16	1	Escala de inclinación																																																																																																										
18	2	Prisionero																																																																																																										
19	1	Manivela aseg. de mesa																																																																																																										
21	1	Mesa																																																																																																										
25	1	Cabezal																																																																																																										
26	2	Prisionero																																																																																																										
31	1	Resorte																																																																																																										
32	1	Barra de motor																																																																																																										
33	1	Tornillo de cambio																																																																																																										
35	2	Roldana plana																																																																																																										
36	2	Tornillo cab. Hex.																																																																																																										
38	1	Flecha de alimentación																																																																																																										
43	3	Barra de alimentación																																																																																																										
44	3	Perilla																																																																																																										
49	1	Espiral																																																																																																										
50	1	Cubierta de espiral																																																																																																										
53	2	Tuerca hexagonal																																																																																																										
54	1	Tornillo																																																																																																										
55	1	Tuerca hexagonal																																																																																																										
56	1	Canilla																																																																																																										
57	1	Empaque																																																																																																										
58	1	Husillo																																																																																																										

 TALADRO DE COLUMNA BESSER		CODIGO INTERNO: CMP-LP-TB-01	PAGINA 3 DE 4																																																																																																												
		LISTADO DE PIEZAS																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARTE</th> <th>CANT.</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>59</td><td>1</td><td>Balero</td></tr> <tr><td>61</td><td>1</td><td>Balero</td></tr> <tr><td>62</td><td>1</td><td>Anillo retenedor</td></tr> <tr><td>63</td><td>1</td><td>Anillo retenedor</td></tr> <tr><td>64</td><td>1</td><td>Seguro</td></tr> <tr><td>65</td><td>1</td><td>Mango impulsor</td></tr> <tr><td>66</td><td>2</td><td>Balero</td></tr> <tr><td>67</td><td>1</td><td>Collarín</td></tr> <tr><td>70</td><td>1</td><td>Polea de husillo</td></tr> <tr><td>72A</td><td>1</td><td>Mandril con llave</td></tr> <tr><td>74A</td><td>1</td><td>Motor</td></tr> <tr><td>79</td><td>1</td><td>Polea de motor</td></tr> <tr><td>81</td><td>2</td><td>Prisionero</td></tr> <tr><td>82</td><td>2</td><td>Liberador de tensión</td></tr> <tr><td>83</td><td>1</td><td>Placa</td></tr> <tr><td>85</td><td>1</td><td>Cable</td></tr> <tr><td>87</td><td>1</td><td>Interruptor</td></tr> <tr><td>88</td><td>1</td><td>Caja de interruptor</td></tr> <tr><td>89</td><td>4</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>90A</td><td>1</td><td>Cubierta de poleas</td></tr> <tr><td>92</td><td>4</td><td>Tornillo con Roldana</td></tr> <tr><td>99</td><td>1</td><td>Banda V</td></tr> <tr><td>100</td><td>1</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>101</td><td>4</td><td>Roldana plana</td></tr> <tr><td>112</td><td>1</td><td>Sujetador de llave</td></tr> <tr><td>113</td><td>1</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>131</td><td>1</td><td>Llave de Mandril</td></tr> <tr><td>149</td><td>1</td><td>Resorte</td></tr> <tr><td>160</td><td>1</td><td>Etiqueta</td></tr> <tr><td>162</td><td>1</td><td>Placa de precaución</td></tr> <tr><td>164</td><td>1</td><td>Etiqueta de motor</td></tr> <tr><td>165</td><td>1</td><td>Diagrama de velocidades</td></tr> <tr><td>167</td><td>1</td><td>Etiqueta</td></tr> <tr><td>169</td><td>1</td><td>Etiqueta de marca</td></tr> <tr><td>170</td><td>8</td><td>Tornillo</td></tr> </tbody> </table>				PARTE	CANT.	DESCRIPCION	59	1	Balero	61	1	Balero	62	1	Anillo retenedor	63	1	Anillo retenedor	64	1	Seguro	65	1	Mango impulsor	66	2	Balero	67	1	Collarín	70	1	Polea de husillo	72A	1	Mandril con llave	74A	1	Motor	79	1	Polea de motor	81	2	Prisionero	82	2	Liberador de tensión	83	1	Placa	85	1	Cable	87	1	Interruptor	88	1	Caja de interruptor	89	4	Tornillo	90A	1	Cubierta de poleas	92	4	Tornillo con Roldana	99	1	Banda V	100	1	Tornillo	101	4	Roldana plana	112	1	Sujetador de llave	113	1	Tornillo	131	1	Llave de Mandril	149	1	Resorte	160	1	Etiqueta	162	1	Placa de precaución	164	1	Etiqueta de motor	165	1	Diagrama de velocidades	167	1	Etiqueta	169	1	Etiqueta de marca	170	8	Tornillo
PARTE	CANT.	DESCRIPCION																																																																																																													
59	1	Balero																																																																																																													
61	1	Balero																																																																																																													
62	1	Anillo retenedor																																																																																																													
63	1	Anillo retenedor																																																																																																													
64	1	Seguro																																																																																																													
65	1	Mango impulsor																																																																																																													
66	2	Balero																																																																																																													
67	1	Collarín																																																																																																													
70	1	Polea de husillo																																																																																																													
72A	1	Mandril con llave																																																																																																													
74A	1	Motor																																																																																																													
79	1	Polea de motor																																																																																																													
81	2	Prisionero																																																																																																													
82	2	Liberador de tensión																																																																																																													
83	1	Placa																																																																																																													
85	1	Cable																																																																																																													
87	1	Interruptor																																																																																																													
88	1	Caja de interruptor																																																																																																													
89	4	Tornillo																																																																																																													
90A	1	Cubierta de poleas																																																																																																													
92	4	Tornillo con Roldana																																																																																																													
99	1	Banda V																																																																																																													
100	1	Tornillo																																																																																																													
101	4	Roldana plana																																																																																																													
112	1	Sujetador de llave																																																																																																													
113	1	Tornillo																																																																																																													
131	1	Llave de Mandril																																																																																																													
149	1	Resorte																																																																																																													
160	1	Etiqueta																																																																																																													
162	1	Placa de precaución																																																																																																													
164	1	Etiqueta de motor																																																																																																													
165	1	Diagrama de velocidades																																																																																																													
167	1	Etiqueta																																																																																																													
169	1	Etiqueta de marca																																																																																																													
170	8	Tornillo																																																																																																													

 <p>TALADRO DE COLUMNA BESSER</p>																				
	<p>CODIGO INTERNO: CMP-LP-TB-01</p>	<p>PAGINA 4 DE 4</p>																		
<p align="center">LISTADO DE PIEZAS TALADRO DE PEDESTAL</p>																				
<table border="1" data-bbox="509 703 1195 898"> <thead> <tr> <th>PARTE</th> <th>CANT.</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>1</td> <td>Tuerca hexagonal</td> </tr> <tr> <td>601</td> <td>2</td> <td>Tornillo</td> </tr> <tr> <td>602</td> <td>2</td> <td>Roldana dentada</td> </tr> <tr> <td>604</td> <td>2</td> <td>Tuerca hexagonal</td> </tr> <tr> <td>700</td> <td>1</td> <td>Llave hexagonal</td> </tr> </tbody> </table>			PARTE	CANT.	DESCRIPCION	500	1	Tuerca hexagonal	601	2	Tornillo	602	2	Roldana dentada	604	2	Tuerca hexagonal	700	1	Llave hexagonal
PARTE	CANT.	DESCRIPCION																		
500	1	Tuerca hexagonal																		
601	2	Tornillo																		
602	2	Roldana dentada																		
604	2	Tuerca hexagonal																		
700	1	Llave hexagonal																		



FICHA TECNICA



CODIGO INTERNO: CMP-FT-TC-01

PAGINA 1 DE 1

TALADRO PERCUTOR CROWN

CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Consumo de potencia (W)	1050
Potencia de Salida (W)	570
Amperaje (A)	4.8
Velocidad de giro (min^{-1})	1ra Velocidad =0-1200 2da velocidad= 0-2800
Capacidad del mandril o portabrocas (pulg)	1/16 – 1/2
Peso (kg)	2,8
Presión Acústica (dB (A))	95



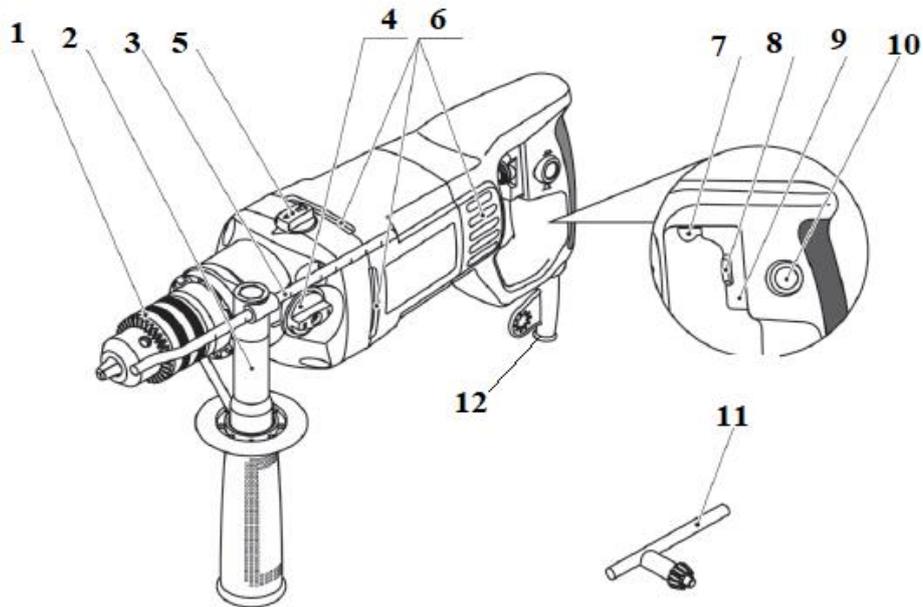
**TALADRO PERCUTOR
CROWN**



CODIGO INTERNO: CMP-LP-TB-01

PAGINA : 1 DE 1

LISTADO DE PIEZAS



PIEZA	CANT	DESCRIPCION
1		Porta brocas o Mandril
2		Mango de sujeción
3		Tope de profundidad
4		Interruptor de doble velocidad
5		Interruptor de percusión
6		Ranuras de ventilación
7		Selector de sentido de giro
8		Selector de velocidad
9		Interruptor de encendido
10		Inmovilizador para el encendido
11		Llave de mandril
12		Cable de conexión



FICHA TECNICA



CODIGO INTERNO: CMP-FT-ED-01

PAGINA: 1 DE 1

TRONZADORA DEWALT

CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Potencia de Salida (W)	2200
Amperaje (A)	3
Velocidad de giro (min^{-1})	9000
Capacidad de disco (pulg)	4 1/2
Peso (kg)	2.5
Presión Acústica (dB (A))	105



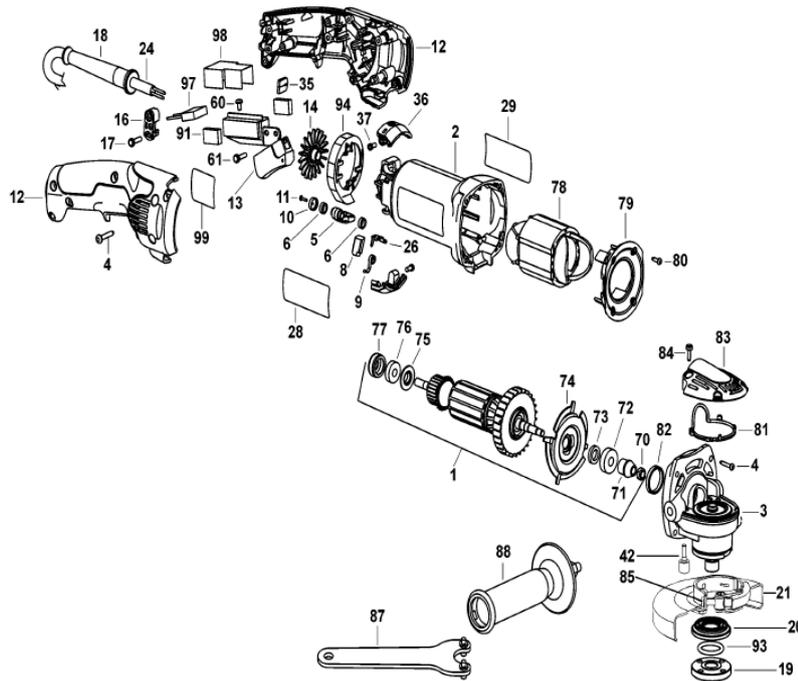
ESMERIL DEWALT



CODIGO INTERNO: CMP-LP-ED-01

PAGINA: 1 DE 2

LISTA DE PARTES



PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION
1	N398001	1	Inducido 230v
2	632180-03	1	Caja de transporte
3	N086309	1	Caja de cambio
4	330065-31	2	Muelle
5	648743-00	4	Brazo
6	623592-00	1	Obturador de fieltro
8	N088933	2	Escobilla o carbón 230v
9	648613-00	2	Muelle de escobilla
10	623591-00	2	Tapa de escobilla
11	593685-00	2	Tornillo
12	647727-01	1	Manilla de agarre
13	N470209	1	Gatillo interruptor
14	N055787	1	Separador



ESMERIL DEWALT



CODIGO INTERNO: CMP-LP-ED-01

PAGINA: 2 DE 2

LISTA DE PARTES

PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION
16	643889-00	1	Abrazadera del cable
17	330019-03	1	Tornillo
18	N542553	1	Protector del cable
19	622613-02	1	Pestaña exterior
20	633257-00SV	1	Pestaña interna
21	N039878	1	Guardia
24	562226-84	1	Cable de conexión
26	623593-00	2	Terminal
28	N041564	1	Placa de identificación
29	628885-00	1	Etiqueta de fabrica
35	646012-00	1	Obturador de fieltro
36	646940-01	2	Sujeción
37	648777-00	2	Tornillo
42	N033051	1	Tornillo
60	387746-00	4	Tornillo
61	330065-07	1	Tornillo
70	604484-00	1	Tuerca
71	629797-00	1	Piñón
72	605040-67	1	Cojinete
73	623617-00	1	Obturador de fieltro
74	N422242	1	Moderador
75	623613-00	1	Arandela
76	605040-02	1	Cojinete
77	641823-00	1	Manga/camisa
78	627125-05	1	Campo 230v
79	623572-00	1	Deflector ventilador
80	330065-25	4	Tornillo
81	632513-00	1	Empaquetadura
82	611492-00	1	Manga/camisa
83	627313-00	1	Tapa de caja engranajes
84	385676-01	4	Tornillo
85	631609-03	1	Tornillo
87	N079326	1	Pasador de torsión
88	614796-00	1	Mango Sujeción
91	620051	2	Adaptador/amortiguador.
93	633043-00	1	Anillo
94	640723-00	1	Deflector
97	N435948	1	Condensador
98	650937-00	1	Aislador



FICHA TECNICA



CODIGO INTERNO: CMP-FT-TD-01

PAGINA : 1 DE 1

TRONZADORA DEWALT

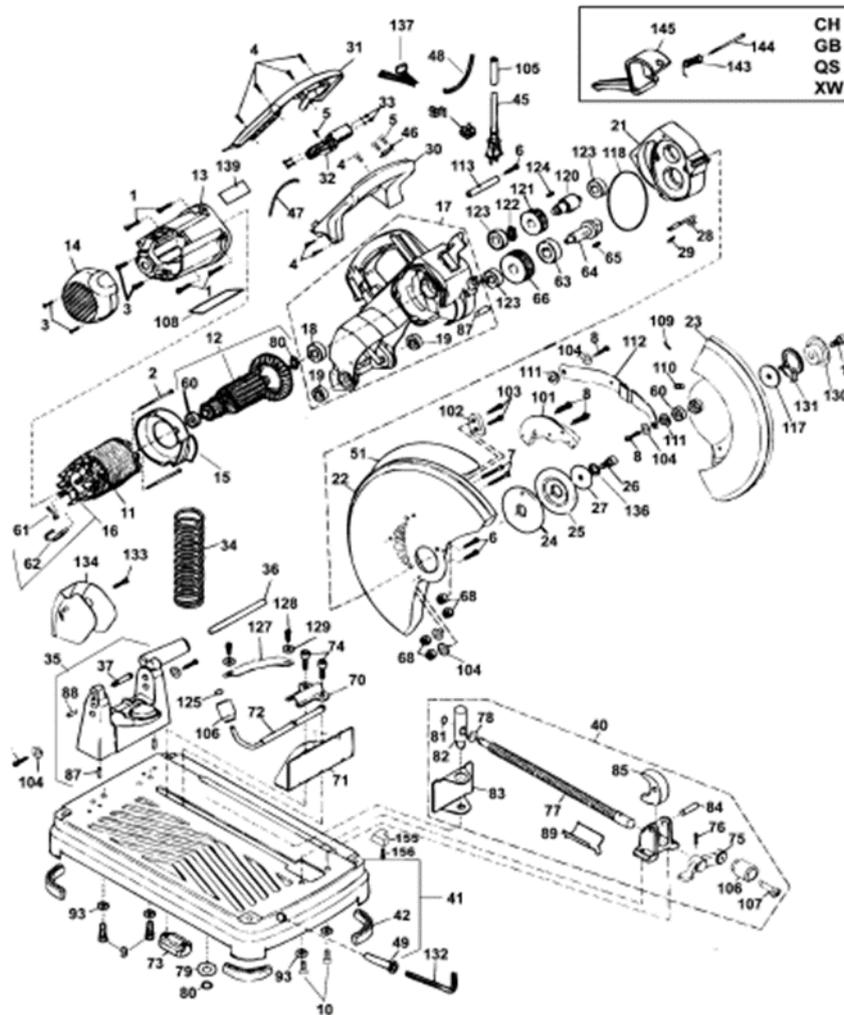
CARACTERISTICA	VALOR
Voltaje (V)	220-230 (50/60 Hz)
Potencia de Salida (W)	2200
Amperaje (A)	3
Velocidad de giro (min^{-1})	12000
Capacidad de disco (pulg)	14
Peso (kg)	12.5
Presión Acústica (dB (A))	105



FORMATO: CMP-LP-TD-01

Página : 1 de 1

LISTADO DE PIEZAS



 <p>TRONZADORA DEWALT</p>																																																																																																										
	<p>FORMATO: CMP-LP-TD-01</p>	<p>Página : 2 de 1</p>																																																																																																								
<p>LISTADO DE PIEZAS</p>																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="384 752 507 786">PIEZA</th> <th data-bbox="507 752 703 786">CODIGO</th> <th data-bbox="703 752 831 786">CANT</th> <th data-bbox="831 752 1147 786">DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>330045-16</td><td>5</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>2</td><td>330019-33</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>3</td><td>330019-13</td><td>4</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>4</td><td>330019-14</td><td>7</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>5</td><td>330019-02</td><td>3</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>6</td><td>330045-50</td><td>4</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>7</td><td>330045-51</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>8</td><td>330045-49</td><td>6</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>9</td><td>098123-25</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>10</td><td>098123-16</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>11</td><td>624158-03</td><td>1</td><td>Caja de campo 230v</td></tr> <tr><td>12</td><td>383652-10</td><td>1</td><td>Inducido</td></tr> <tr><td>13</td><td>383151-00</td><td>1</td><td>Caja de transporte</td></tr> <tr><td>14</td><td>392284-00</td><td>1</td><td>Tapón</td></tr> <tr><td>15</td><td>383167-00</td><td>1</td><td>Deflector ventilador</td></tr> <tr><td>16</td><td>383685-01</td><td>1</td><td>Placa de escobilla</td></tr> <tr><td>17</td><td>386628-00</td><td>1</td><td>Caja de cambio</td></tr> <tr><td>18</td><td>868768-07</td><td>1</td><td>Cojinete</td></tr> <tr><td>19</td><td>330003-64</td><td>2</td><td>Cojinete</td></tr> <tr><td>22</td><td>383164-02</td><td>1</td><td>Guardia superior</td></tr> <tr><td>23</td><td>388432-00</td><td>1</td><td>Guardia inferior</td></tr> <tr><td>24</td><td>607173-00</td><td>1</td><td>Pestaña interna</td></tr> <tr><td>25</td><td>395925-00</td><td>1</td><td>Pestaña exterior</td></tr> <tr><td>26</td><td>383450-00</td><td>1</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>27</td><td>396972-00</td><td>1</td><td>Arandela</td></tr> </tbody> </table>			PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	1	330045-16	5	Tornillo	2	330019-33	2	Tornillo	3	330019-13	4	Tornillo	4	330019-14	7	Tornillo	5	330019-02	3	Tornillo	6	330045-50	4	Tornillo	7	330045-51	2	Tornillo	8	330045-49	6	Tornillo	9	098123-25	2	Tornillo	10	098123-16	2	Tornillo	11	624158-03	1	Caja de campo 230v	12	383652-10	1	Inducido	13	383151-00	1	Caja de transporte	14	392284-00	1	Tapón	15	383167-00	1	Deflector ventilador	16	383685-01	1	Placa de escobilla	17	386628-00	1	Caja de cambio	18	868768-07	1	Cojinete	19	330003-64	2	Cojinete	22	383164-02	1	Guardia superior	23	388432-00	1	Guardia inferior	24	607173-00	1	Pestaña interna	25	395925-00	1	Pestaña exterior	26	383450-00	1	Tornillo	27	396972-00	1	Arandela
PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION																																																																																																							
1	330045-16	5	Tornillo																																																																																																							
2	330019-33	2	Tornillo																																																																																																							
3	330019-13	4	Tornillo																																																																																																							
4	330019-14	7	Tornillo																																																																																																							
5	330019-02	3	Tornillo																																																																																																							
6	330045-50	4	Tornillo																																																																																																							
7	330045-51	2	Tornillo																																																																																																							
8	330045-49	6	Tornillo																																																																																																							
9	098123-25	2	Tornillo																																																																																																							
10	098123-16	2	Tornillo																																																																																																							
11	624158-03	1	Caja de campo 230v																																																																																																							
12	383652-10	1	Inducido																																																																																																							
13	383151-00	1	Caja de transporte																																																																																																							
14	392284-00	1	Tapón																																																																																																							
15	383167-00	1	Deflector ventilador																																																																																																							
16	383685-01	1	Placa de escobilla																																																																																																							
17	386628-00	1	Caja de cambio																																																																																																							
18	868768-07	1	Cojinete																																																																																																							
19	330003-64	2	Cojinete																																																																																																							
22	383164-02	1	Guardia superior																																																																																																							
23	388432-00	1	Guardia inferior																																																																																																							
24	607173-00	1	Pestaña interna																																																																																																							
25	395925-00	1	Pestaña exterior																																																																																																							
26	383450-00	1	Tornillo																																																																																																							
27	396972-00	1	Arandela																																																																																																							



TRONZADORA DEWALT



FORMATO: CMP-LP-TD-01

Página : 3 de 1

LISTADO DE PIEZAS

PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION
28	387544-00	1	Clavija de cierre
29	384716-00	1	Muelle
30	621514-02	1	Juego de conmutador
31	383160-00	1	Cubierta de manivela
32	621514-02	1	Juego de conmutador
33	387746-00	4	Tornillo
34	387282-00	1	Muelle
35	388431-00	1	Pivote
36	383118-00	1	Pasador
37	383148-00	1	Clavija de cierre
40	395929-00	1	Abrazadera
42	383243-00	4	Pie
45	330080-41	1	Cordón de sujeción
46	386540-00	1	Cordón abrazadera
47	386465-00	1	Cable
48	386466-00	1	Cable
49	386765-00	1	Portaherramientas
60	330003-17	1	Cojinete
61	384612-00	2	Muelle
62	384613-01	2	Escobilla 230 v
63	330003-49	1	Cojinete
64	395842-00	1	Husillo
65	382675-01	1	Chaveta media luna
66	382680-00	1	Engranaje
68	148641-00	1	Contratuerca
70	391459-00	1	Moderador
71	395930-01	1	Guías
72	395930-02	1	Guías
73	383254-00	1	Bloque

 <p>TRONZADORA DEWALT</p>																																																																																																																											
	FORMATO: CMP-LP-TD-01	Página : 3 de 1																																																																																																																									
LISTADO DE PIEZAS																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: yellow;"> <th style="text-align: left;">PIEZA</th> <th style="text-align: left;">CODIGO</th> <th style="text-align: left;">CANT</th> <th style="text-align: left;">DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>74</td><td>383450-00</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>75</td><td>389658-00</td><td>1</td><td>Manivela</td></tr> <tr><td>76</td><td>330036-15</td><td>1</td><td>Pasador de bobina</td></tr> <tr><td>78</td><td>384365-00</td><td>1</td><td>Arandela</td></tr> <tr><td>79</td><td>607592-00</td><td>1</td><td>Arandela</td></tr> <tr><td>80</td><td>144803-00</td><td>2</td><td>Grapa circular</td></tr> <tr><td>81</td><td>383169-00</td><td>1</td><td>Grapa circular</td></tr> <tr><td>82</td><td>5140000-01</td><td>1</td><td>Pasador</td></tr> <tr><td>84</td><td>386525-01</td><td>1</td><td>Pasador</td></tr> <tr><td>85</td><td>383828-00</td><td>1</td><td>Inmovilizador</td></tr> <tr><td>87</td><td>386525-00</td><td>5</td><td>Pasador guía</td></tr> <tr><td>88</td><td>033055-00</td><td>1</td><td>Enchufe</td></tr> <tr><td>89</td><td>383451-00</td><td>1</td><td>Carro porta herramienta</td></tr> <tr><td>91</td><td>320078-00</td><td>1</td><td>Bloque terminal</td></tr> <tr><td>93</td><td>098197-09</td><td>4</td><td>Arandela</td></tr> <tr><td>101</td><td>388046-00</td><td>1</td><td>Montaje</td></tr> <tr><td>102</td><td>388041-00</td><td>1</td><td>Mesa</td></tr> <tr><td>103</td><td>098013-16</td><td>2</td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>104</td><td>388354-00</td><td>6</td><td>Arandela</td></tr> <tr><td>105</td><td>386491-00</td><td>1</td><td>Manga/camisa</td></tr> <tr><td>106</td><td>390567-00</td><td>2</td><td>Tirador</td></tr> <tr><td>107</td><td>395240-00</td><td></td><td>Tornillo</td></tr> <tr><td>109</td><td>388056-00</td><td>1</td><td>Muelle</td></tr> <tr><td>110</td><td>388048-00</td><td>1</td><td>Tope de caucho</td></tr> <tr><td>111</td><td>388049-00</td><td>2</td><td>Manga/Camisa</td></tr> <tr><td>112</td><td>388055-00</td><td>1</td><td>Enlace</td></tr> <tr><td>113</td><td>388434-00</td><td>1</td><td>Separador</td></tr> <tr><td>117</td><td>383154-00</td><td>1</td><td>Arandela de plástico</td></tr> <tr><td>118</td><td>391485-00</td><td>1</td><td>Anillo</td></tr> </tbody> </table>				PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	74	383450-00	2	Tornillo	75	389658-00	1	Manivela	76	330036-15	1	Pasador de bobina	78	384365-00	1	Arandela	79	607592-00	1	Arandela	80	144803-00	2	Grapa circular	81	383169-00	1	Grapa circular	82	5140000-01	1	Pasador	84	386525-01	1	Pasador	85	383828-00	1	Inmovilizador	87	386525-00	5	Pasador guía	88	033055-00	1	Enchufe	89	383451-00	1	Carro porta herramienta	91	320078-00	1	Bloque terminal	93	098197-09	4	Arandela	101	388046-00	1	Montaje	102	388041-00	1	Mesa	103	098013-16	2	Tornillo	104	388354-00	6	Arandela	105	386491-00	1	Manga/camisa	106	390567-00	2	Tirador	107	395240-00		Tornillo	109	388056-00	1	Muelle	110	388048-00	1	Tope de caucho	111	388049-00	2	Manga/Camisa	112	388055-00	1	Enlace	113	388434-00	1	Separador	117	383154-00	1	Arandela de plástico	118	391485-00	1	Anillo
PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION																																																																																																																								
74	383450-00	2	Tornillo																																																																																																																								
75	389658-00	1	Manivela																																																																																																																								
76	330036-15	1	Pasador de bobina																																																																																																																								
78	384365-00	1	Arandela																																																																																																																								
79	607592-00	1	Arandela																																																																																																																								
80	144803-00	2	Grapa circular																																																																																																																								
81	383169-00	1	Grapa circular																																																																																																																								
82	5140000-01	1	Pasador																																																																																																																								
84	386525-01	1	Pasador																																																																																																																								
85	383828-00	1	Inmovilizador																																																																																																																								
87	386525-00	5	Pasador guía																																																																																																																								
88	033055-00	1	Enchufe																																																																																																																								
89	383451-00	1	Carro porta herramienta																																																																																																																								
91	320078-00	1	Bloque terminal																																																																																																																								
93	098197-09	4	Arandela																																																																																																																								
101	388046-00	1	Montaje																																																																																																																								
102	388041-00	1	Mesa																																																																																																																								
103	098013-16	2	Tornillo																																																																																																																								
104	388354-00	6	Arandela																																																																																																																								
105	386491-00	1	Manga/camisa																																																																																																																								
106	390567-00	2	Tirador																																																																																																																								
107	395240-00		Tornillo																																																																																																																								
109	388056-00	1	Muelle																																																																																																																								
110	388048-00	1	Tope de caucho																																																																																																																								
111	388049-00	2	Manga/Camisa																																																																																																																								
112	388055-00	1	Enlace																																																																																																																								
113	388434-00	1	Separador																																																																																																																								
117	383154-00	1	Arandela de plástico																																																																																																																								
118	391485-00	1	Anillo																																																																																																																								



FORMATO: CMP-LP-TD-01

Pagina : 5 de 5

LISTADO DE PIEZAS

PIEZA	CODIGO	CANT	DESCRIPCION
120	382682-00	1	Piñón
121	386277-00	1	Engranaje
122	045012-00	1	Moderador
123	605040-20	3	Cojinete
124	382675-00	1	Llave
125	37653-00	1	Grapa circular
127	390570-00	1	Placa de empuje
128	330045-04	2	Tornillo temporal
129	330016-01	2	Arandela
130	391039-00	1	Placa de contención

Anexo 3. *Formatos AMEF de los equipos incluidos en el plan de RCM de la empresa.*

 <h2 style="text-align: center;">ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS</h2>													
Equipo: <u>Matrizadora Universal</u>			Coordinación: <u>Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.</u>					AMEF N°: 1					
Modelo: <u>Bendicof 60</u>			Responsable: <u>Jefe de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.</u>					Página: <u>1 de 1</u>					
Código: CMP-MB-01			Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>					FECHA AMEF: 14/01/2019			Revisión: 1		
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Matriz y Moldes	Desgaste de matriz, moldes y dados	Punzonado incorrecto	7	Uso Normal o Sobrecarga	6	Inspección	2	84	Reparación de matriz, molde y dados. Disminuir los tiempos de inspección	7	3	1	21
Bancada	Desalineación de la bancada	Punzonado incorrecto	5	Ajuste del tope de posición	5	Inspección	4	100	Alinear Bancada Disminuir los tiempos de ajuste del equipo	5	3	2	30
Conexión eléctrica	Cables y terminales Sulfatados	No enciende la punzonadora	4	Ambiente con alta humedad. Falta de mantenimiento	6	Inspección Correctivo	4	96	Cambiar cables y limpiar borneras. Disminuir tiempos de inspección.	4	3	2	24
Tablero de control eléctrico	Corrosión de componentes eléctricos	No enciende la punzonadora	4	Ambiente con alta humedad	6	Inspección	4	96	Sustituir componentes dañados. Mejorar el aislamiento del tablero eléctrico	4	3	2	24



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Soldadora Mig Mag		Coordinación: Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:2							
Modelo: ESAB		Responsable: <u>Jefe de Mantenimiento</u>				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMP-SE-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/01/2019							
						Revisión: 1							
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Antorcha	Entrega de hilo defectuoso	Mala soldadura	4	Pistola gastada	4	Inspección Visual Correctivo	1	16	Cambio de pistola Limpieza diaria por parte del operario	4	2	1	8
Rodillos	Entrega de hilo defectuoso	Mala soldadura	5	Rodillos defectuosa	5	Inspección visual	3	75	Cambio de rodillos Disminuir los tiempos de inspección	5	2	1	10
Fusible	Fusible Roto	La máquina no enciende	2	Sobrecarga	4	Inspección Visual	3	24	Cambio de fusible. Revisar circuito eléctrico	2	2	1	4
Válvula reguladora de argón	Válvula de argón obstruida	No se puede soldar	3	Partículas en la Válvula de argón. Falta de mantenimiento	4	Inspección visual Correctivo	3	36	Limpieza de la válvula. Si se repite la falla , cambiar el cilindro de gas	3	2	1	6
Cable de conexión	Cable y conectores sulfatados	La máquina no enciende	3	Ambiente Húmedo Falta de mantenimiento	4	Inspección visual Correctivo	3	36	Cambiar Cable y limpiar los conectores. Mejorar el aislamiento del tablero eléctrico	3	2	1	6



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Dobladora		Coordinación: Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.		AMEF N°: 3									
Modelo: ZDMA		Responsable: Jefe de mantenimiento		Página: 1 de 1									
Código: CMP-DZ-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>		FECHA AMEF: 14/01/2019								Revisión: 1	
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Matriz y Molde de doblado	Desgaste de la matriz de doblado	Mal doblado de las piezas	8	Uso continuo o Sobrecarga	4	Inspección	5		Reparación o sustitución de la matriz o el molde. No permitir doblar láminas de mayor grosor al recomendado	8	2	3	
Filtro de aceite	Filtro saturado de partículas	No hay movimiento en los cilindros	6	Aceite contaminado	4	Inspección Correctivo	5		Mantenimiento al sistema hidráulico. Cambio de aceite y filtros	6	2	3	
Pedal de accionamiento	Pérdida de sensibilidad del pedal de activación	No hay movimiento en los cilindros	5	Resorte del pedal dañado	4	Inspección Correctivo	4		Cambio de resorte por uno de que resista más carga.	5	2	3	
Tablero eléctrico	Relé defectuoso	No enciende la dobladora	8	Sobrecarga	4	Correctivo	3		Sustitución de relé de arranque. Chequear la conexión eléctrica del equipo	8	2	2	
Cable de conexión	Conector de cable sulfatado	No enciende la dobladora	5	Ambiente Húmedo	4	Inspección Correctivo	4		Sustitución del cable. Mejorar el aislamiento de humedad de los terminales	5	2	2	



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Cizalla		Coordinación: Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:4							
Modelo: ZDMA		Responsable: <u>jefe de mantenimiento</u>				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMQ-MH-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/01/2019				Revisión: 1			
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Cuchillas de corte	Cuchillas desafiladas	Mal corte de las laminas	8	Mal uso o calibración de la maquina	6	Correctivo	2	96	Afilar cuchillas. Calibración y lubricación de guías.	8	3	1	24
Pedal de accionamiento.	Perdida de sensibilidad del pedal de accionamiento	No hay movimiento de los cilindros	5	Resorte del pedal dañado	3	Inspección Correctivo	4	60	Cambio del resorte por uno de mayor capacidad. Incrementar la inspección del pedal	5	1	2	10
Sistema hidráulico	Cilindros se mueven lentamente	No se puede realizar el doblado	4	Válvula de flujo Pegada	8	Inspección Correctivo	8	256	Mantenimiento al sistema hidráulico. Cambio de aceite y filtro.	4	4	4	64
Cable de conexión eléctrica	Cable y contactos sulfatados	El equipo no enciende	5	Ambiente Húmedo. Falta de mantenimiento	4	Inspección Correctivo	4	80	Plan de inspección semanal por el operario. Cambio del cable de conexión y limpieza de los conectores del tablero.	5	2	2	20
Tablero eléctrico	Corrosión de elementos eléctricos	El equipo no enciende	8	Ambiente Húmedo. Falta de Inspección	4	Inspección Correctivo	6	192	Sustitución de componentes. Mejorar el aislamiento del tablero eléctrico.	8	2	3	48



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Taladro manual		Coordinación: Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:5							
Modelo: CROWN 10034		Responsable: <u>Jefe de Mantenimiento</u>				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMP-MH-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/01/2019		Revisión: 1					
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Motor	Desgaste de escobillas	No enciende el taladro	3	Uso y falta de limpieza	3	Inspección Correctivo	3	9	Cambiar escobillas. Disminuir los tiempos de inspección	3	2	2	12
Portaherramientas	Se afloja la broca	Mal taladrado	3	Llave de portaherramientas defectuosa	3	Inspección Correctivo	3	9	Cambiar llave del portaherramientas	3	2	2	12
Sistema de transmisión	Vibración	Mal taladrado	4	Bocina del portaherramientas	3	Inspección	3	36	Cambiar bocina del portaherramientas	4	2	2	16
Sistema de transmisión	Chirridos	Mal taladrado	4	Falta de lubricación de engranajes	3	Inspección	3	36	Engrasar engranajes. Disminuir el intervalo de inspecciones	4	2	2	16



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Taladro de Banco		Coordinación: Departamento de Mantenimiento CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:6							
Modelo: Besser 520 H		Responsable: <u>Jefe de Mantenimiento</u>				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMP-TB-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/04/2019		Revisión: 1					
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Motor	Motor no funciona	No se puede taladrar	3	Escobillas defectuosas	3	Inspección Correctivo	3	27	Cambio de escobillas. Disminución del tiempo de inspección	3	3	1	9
Trasmisión	Velocidad de perforación lenta	Mal taladrado	4	Correa de transmisión floja	4	Inspección Correctivo	3	48	Ajustar correa Disminución del tiempo de inspección	4	3	2	24
Trasmisión	Desgaste y vibración	Vibración	5	Falta lubricación en la transmisión	4	Inspección Correctivo	4	80	Lubricar transmisión de engranajes Disminuir tiempos de inspección.	5	3	2	30
Broca	Pared de la broca se desgasta rápido	Mal taladrado	6	Falta de lubricación Bocina de eje mala	6	Inspección Correctivo	4	144	Cambiar Bocina Disminuir tiempos de inspección.	6	5	2	60



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

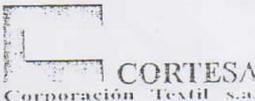
Equipo: Esmeril		Coordinación: Comité AMEF CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:7							
Modelo: DeWalt		Responsable: Jefe de Mantenimiento				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMP-ED-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/01/2019		Revisión: 1					
PARTE	MODOS DE FALLO	EFEECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Cable Conexión	No se mueve el interruptor	No enciende la amoladora	6	Interruptor dañado	5	Inspección Correctivo	2	60	Cambio de interruptor	6	3	2	36
Escobillas	No enciende la amoladora	No se puede realizar el esmerilado	4	Escobillas dañadas	5	Inspección Correctivo	4	80	Cambio de escobillas Disminución del intervalo de inspecciones	4	3	2	24
Caja de engranajes	Vibración excesiva	Se dificulta realizar el esmerilado	6	Bocina de eje de transmisión mala	5	Inspección Lubricación	4	120	Cambio de bocina Lubricar engranajes	6	3	2	36



ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS

Equipo: Tronzadora DeWalt		Coordinación: Comité AMEF CONSTRUMAQ S.A.				AMEF N°:8							
Modelo: D 1876-F		Responsable: <u>Jefe de Mantenimiento</u>				Página: <u>1 de 1</u>							
Código: CMP-TD-01		Elaborado por: <u>Hermann Andy Padilla Quispe</u>				FECHA AMEF: 14/01/2019		Revisión: 1					
PARTE	MODOS DE FALLO	EFFECTO	S	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	S	O	D	NPR
Cable Conexión	Desgaste de los carbones	No enciende la amoladora	4	Uso. Falta de mantenimiento	2	Inspección Correctivo	2	16	Cambio de carbones Disminución del intervalo de inspecciones y mantenimiento	4	2	1	8
Transmisión de engranajes	Desgaste en los engranajes cónicos	Vibración, chirridos	6	Falta de lubricación Sobrecarga de Fuerza	5	Inspección	3	90	Cambio de engranajes Disminución del intervalo de inspección y lubricación	6	2	2	24
Conmutador de encendido	Pérdida de sensibilidad en el conmutador	No enciende la tronzadora	5	Conmutador dañado	5	Inspección Correctivo	3	75	Cambio conmutador	5	2	2	20
Motor	Perdida de aislamiento en el campo y la bobina	Disminución de la velocidad Olor a quemado Chispas en los carbones	6	Uso prolongado del equipo. Calentamiento excesivo	6	Inspección	3	108	Cambio del campo.	5	2	2	20

Anexo 4. *Experiencia profesional del investigador.*



CERT/2003/028

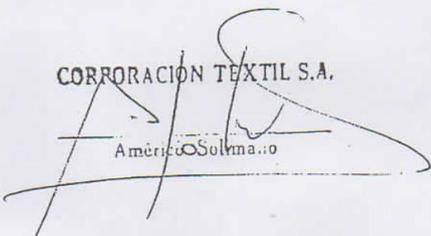
CERTIFICADO DE PRACTICAS

A QUIEN CORRESPONDA:

... el presente Certificamos que el Señor: **PADILLA QUISPE HERMANN ANDY** ha realizado sus Prácticas de Senati en nuestra empresa desde el 11 de Noviembre del 2002 hasta el 05 de Setiembre del 2003.

Se expide el presente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Chincha Alta, 15 de Setiembre del 2003


CORPORACION TEXTIL S.A.
Americo Solmanzo



Alayza y Roel 2555 - Lince
Lima 14 - Perú
Fax: 441-5690
Telf. 421-1482 421-1528 441 5615



Tecnología Textil S.A.

CONSTANCIA DE PRACTICAS PRE-PROFESIONALES

Conste por el presente documento que El Sr. PADILLA QUISPE HERMANN ANDY, ha participado en nuestra Empresa realizando Prácticas en el área de HILANDERIA como MECANICO DE HILANDERIA desde el 15 de Marzo de 2004 hasta el 29 de Agosto de 2004.

Durante su permanencia ha demostrado eficiencia y responsabilidad en el desempeño de sus prácticas.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Zarate, 19 de Abril de 2005

TECNOLOGIA TEXTIL S.A.

Winston Queda Murguja
Jefe de RR.HH.

L.V.

AV. CAJAMARQUILLA N° 1085 ZARATE, LIMA 36 - PERU
TELEFONO: (51-1) 458-5857 FAX: (51-1) 459-5318
E-MAIL: tecnologiatextilsa@mgroup.com.pe



Tecnología Textil S.A.

CERTIFICADO DE TRABAJO

Conste por el presente documento que EL Sr. PADILLA QUISFE HERMANN ANDY, ha laborado en nuestra EMPRESA, como MECANICO DE HILANDERIA, desde el 13 de Setiembre de 2004 hasta el 10 de Abril de 2005, retirándose voluntariamente.

Durante su permanencia demostró puntualidad, eficiencia y responsabilidad en las labores encomendadas.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Zarate, 19 de Abril de 2005

TECNOLOGIA TEXTIL S.A.

.....
Winston Ojeda Murguía
Jefe de RR. HH.

L.V.

AV. CAJAMARQUILLA N° 1085 ZARATE, LIMA 36 - PERU
TELÉFONO: (51-1) 458-5857 FAX: (51-1) 459-5318
E-MAIL: tecnologiatextilsa@mggroup.com.pe



Laboratorios Americanos S.A.
LABOT



SC-CER302066

DM-CER302632

Lima, 31 de Agosto del 2017

CERTIFICADO DE TRABAJO

Por la presente certificamos que el(la) Sr(a). **PADILLA QUISPE, HERMANN ANDY**, identificado(a) con DNI N° **40514017** ha trabajado en nuestra Empresa LABORATORIOS AMERICANOS SA con RUC N° 20255361695 desde el 16 de Mayo del 2006 hasta el 31 de Agosto del 2017, desempeñando el cargo de RESPONSABLE DE MAQUINAS en el área de PRODUCCION.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente,

LABORATORIOS AMERICANOS S.A.


MARYANN ARMEJO YÉPEZ
Gerente Central

REPRESENTANTE EMPRESA
RR.HH.

 Programa
de Capacitación
Continua

CERTIFICADO

Otorgado a:

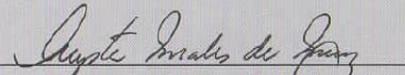
Hermann Andy Padilla Quispe

Por haber aprobado el Programa Integral en:

Mantenimiento en Plantas Industriales

Con una duración total de 201 horas.

Lima, 04 de noviembre de 2010.


Augusta Morales de Muñoz
SECRETARÍA ACADÉMICA

www.tecsup.edu.pe

